பௌதிகம்

திருஞானசம்பந்தம் (பி)

க.நூ.வெ.இ. வரிசை எண்—154

# பௌதிகம்

(புகுமுக வகுப்புக்குரியது)

ஆசிரியர்கள்

டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம், எம்.ஏ., பிஎச்.டி.,
தலைமைப் பேராசிரியர்,
பௌதிகத்துறை, மாநிலக் கல்லூரி,
சென்னை.

இரா. நாகராசன், எம்.ஏ., எம்.எஸ்ஸி,
பௌதிக உதவிப் பேராசிரியர்,
அரசினர் கலைக் கல்லூரி,
உதகை.

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்
தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—July 1968
Second Edition—July 1969
Third Edition—November 1970

D.C.P. No. 154



# PHYSICS (P.U.C.)

Dr. P. Thirugnanasambandam and
Ra. Nagarajan

**Net Price Rs. 6-00**
(No discount)

*Printed by*
Jupiter Enterprises of Srinivasam Press,
1, Smith Lane,
Madras-2.

# அணிந்துரை

(திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன், தமிழகக் கல்வி-சுகாதார அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பத்து ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.யு.சி., பி.ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவருகின்றனர். நாடு முழுதும் பரந்துள்ள மாணவர்களின் ஆர்வம், 'தமிழிலேயே கற்பிப்போம்' என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்றுவருகிறது.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், புவியியல், தத்துவம், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல் ஆகிய பல துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'பௌதிகம்' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்—கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகத்தின் 154ஆவது வெளியீடாகும். தமிழ் மக்களின் பேராதரவினாலும் தமிழைப் பயிற்சி மொழியாகக் கொண்ட மாணவர்களின் நல்லூக்கத்தினாலும் இதன் முந்தைய பதிப்புப் படிகள் அனைத்தும் விற்பனையாகிவிட்டன. ஆதலின், இப்பொழுது இந் நூல் மீண்டும் வெளிவருகின்றது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

# பொருளடக்கம்

# 1. அளவியல்

## (Units and Measurements)

**அலகுகள்** (Units)

பௌதிகத்தை நுட்ப அளவீடுகளின் விஞ்ஞானம் என்று கூறுவது வழக்கம். பௌதிகத்தில் வரும் பல்வேறு ராசிகளை (quantity) நுட்பமாக அளவிட வேண்டும். எந்த ஒரு ராசியையும் குறிப்பிட ஓர் அலகு தேவைப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, நீட்டலளவையில் ஒரு குறிப்பிட்ட நீளத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு அதன் அடிப்படையில் மற்ற நீளங்களைக் குறிப்பிடுகிறோம். அதாவது, ஒரு புத்தகத்தின் நீளத்தை 20 சென்டி மீட்டர் (செ.மீ.) என்று குறிப்பிடும்போது அதனை சென்டி மீட்டர் என்ற ஒரு குறிப்பிட்ட நீளத்தின் அடிப்படையிலேயே அவ்வாறு கூறுகிறோம். இங்கு சென்டி மீட்டர் என்பது நீளத்தின் அலகு எனப்படும்; 20 என்பது நீளத்தின் எண் மதிப்பாகும்.

**இருவகை ராசிகளும் அலகுகளும்**

பௌதிகத்தில் வரும் பல ராசிகளில் ஒவ்வொன்றுக்கும் ஒவ்வோர் அலகினைக் காண்பதென்பது உகந்ததன்று. எனவே, அத்தகைய ராசிகள் அடிப்படை ராசிகள் (fundamental quantities), வழி வந்த ராசிகள் (derived quantities) என இரு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. நீளம் (length), நிறை (mass), காலம் (time) ஆகியவை அடிப்படை ராசிகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. பருமன் (volume), அடர்த்தி (density), வேகம் (speed) போன்ற மற்ற ராசிகள் 'வழி வந்த ராசிகள்' என்று கூறப்படுகின்றன. ஒரு பொருளின் பருமனைக் குறிப்பிட அதன் நீளம், அகலம், உயரம் ஆகிய ராசிகளைக் கணக்கிடவேண்டும். இவை மூன்றும் நீட்டலளவுகளாதலால், பருமனை நீட்டலளவின்

அடிப்படையில் கணக்கிடலாம். அவ்வாறே அடர்த்தியை நீட்டலளவு, நிறுத்தலளவுகளின் அடிப்படையிலும்,வேகத்தை நீட்டலளவு, கால அளவு ஆகியவற்றின் அடிப்படையிலும் கணக்கிடலாம். ஆனால், நீளம், நிறை, காலம் ஆகிய மூன்றையும் வேறெந்த ராசிகளின் அடிப்படையிலும் கணக்கிட முடியாது. எனவே, இம் மூன்றும் அடிப்படை ராசிகள் எனவும் மற்றவை (இம் மூன்று ராசிகளினின்றும்) வழி வந்த ராசிகள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

நீளம், நிறை, காலம் ஆகியவற்றின் அலகுகள் அடிப்படை அலகுகள் எனவும், பருமன், வேகம் போன்ற ஏனைய வற்றின் அலகுகள் வழி வந்த அலகுகள் எனவும் அழைக்கப் படுகின்றன.

**இருவகை அளவீட்டு முறைகள்** (Two Systems of Measurements)

பொதுவாக வழக்கில் இருவகை அளவீட்டு முறைகள் உள்ளன. ஒன்று பிரிட்டன் முறை (British system) ; மற்றது ஃபிரான்சு முறை அல்லது மெட்ரிக் முறை (Metric system). பிரிட்டன் முறையில் அடி (foot), பவுண்டு (pound), வினாடி (second) என்பவை முறையே நீளம், நிறை, காலம் ஆகிய வற்றின் அலகுகளாகும். மெட்ரிக் முறையில் சென்டி மீட்டர் (centimetre), கிராம் (gram), வினாடி என்பன முறையே நீளம், நிறை, காலம் ஆகியவற்றின் அலகுகளாகும். பிரிட்டன் முறையே அடி, பவுண்டு, வினாடி ஆகியவற்றிற்கான ஆங்கிலச் சொற்களின் முதல் எழுத்துகளைக் கொண்டு F. P. S. முறை என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. அவ்வாறே ஃபிரான்சு முறையும் சென்டி மீட்டர், கிராம், வினாடி ஆகியவற்றின் ஆங்கிலச் சொற்களின் முதல் எழுத்துகளைக் கொண்டு C. G. S. முறை என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. மேலும் மெட்ரிக் முறையில் ஒவ்வோர் அலகும் அதற்கு அடுத்த சிறிய அலகினைப்போல் 10 மடங்கு இருப்பதால் அதனைப் பதின்ம முறை (Decimal system) என்றும் அழைக்கலாம். காட்டாக, ஒரு சென்டி மீட்டர் என்பது அதற்கு அடுத்த சிறிய அலகான ஒரு மில்லி மீட்டரைப் போல் 10 மடங்காகும். அதாவது,

1 சென்டி மீட்டர் = 10 மில்லி மீட்டர்

அவ்வாறே,
1 டெசி மீட்டர் = 10 சென்டி மீட்டர்
1 மீட்டர் = 10 டெசி மீட்டர்
1 டெக்கா மீட்டர் = 10 மீட்டர்
1 ஹெக்டா மீட்டர் = 10 டெக்கா மீட்டர்
1 கிலோ மீட்டர் = 10 ஹெக்டா மீட்டர்

நீட்டலளவின் மெட்ரிக் முறை அலகான சென்டி மீட்டர் என்பது மீட்டர் என்ற ஒரு குறிப்பிட்ட நீளத்தில் நூறில் ஒரு பகுதியாகும். மீட்டர் என்பது பாரிசில் 0° செ.கி. வெப்ப நிலையில் பாதுகாக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பிளாட்டினக் கட்டையின் நீளமாகும். பிரிட்டன் முறை அலகான அடி என்பது ஒரு கெஜத்தில் (yard) மூன்றில் ஒரு பகுதியாகும். கெஜம் என்பது லண்டன் வர்த்தகக் குழு அலுவலகத்தில் (Office of the Board of Trade of London) 62°F வெப்பநிலையில் பாதுகாக்கப்பட்டு வரும் வெண்கலக் கட்டையிலுள்ள இரு குறியீடுகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவாகும். இம் முறையின் இதர சிறியனவும் பெரியனவுமான அலகுகளும் அவற்றிற்கிடையே யுள்ள தொடர்புகளும் பின்வருமாறு :

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 1 அடி | = | 12 அங்குலம் |
| | 1 கெஜம் | = | 3 அடி |
| | 1 ஃபர்லாங் | = | 220 கெஜம் |
| | 1 மைல் | = | 8 ஃபர்லாங் |
| மேலும், | 1 அடி | = | 30·48 சென்டி மீட்டர் |

நிறுத்தலளவின் (நிறை) மெட்ரிக் முறை அலகான கிராம் என்பது கிலோகிராமின் ஆயிரத்தில் ஒரு பகுதியாகும். கிலோ கிராம் என்பது பாரிசில் பாதுகாக்கப்பட்டு வரும் ஒரு பிளாட்டினக் கட்டியின் நிறையாகும். மேலும், கிராம் என்பது 4° செ.கி. வெப்பநிலையில் ஒரு கன சென்டி மீட்டர் நீரின் நிறையுமாகும். இம் முறையில் வழக்கிலுள்ள பல்வேறு அலகுகள் பின்வருமாறு :

| | | |
|---|---|---|
| 1 கிராம் | = | 1000 மில்லி கிராம் |
| | = | 100 சென்டி கிராம் |
| 1 கிலோ கிராம் | = | 1000 கிராம் |
| 1 குவின்டால் | = | 100 கிலோ கிராம் |
| 1 மெட்ரிக் டன் | = | 1000 கிலோ கிராம் |

பிரிட்டன் முறை அலகான பவுண்டு என்பது லண்டன் வர்த்தகக் குழு அலுவலகத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பிளாட்டினக் கட்டியின் நிறையாகும். வழக்கிலுள்ள இதர சிறிய, மற்றும் பெரிய அலகுகள் பின்வருமாறு :

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 1 பவுண்டு | = | 16 அவுன்ஸ் |
| | 1 டன் | = | 2,240 பவுண்டு |
| மேலும், | 1 பவுண்டு | = | 453·6 கிராம் |

இரு முறைகளிலும் கால அளவின் அலகு விநாடி என்பதே யாகும். ஒரு விநாடி என்பது சராசரி சூரிய நாள் (mean solar day) எனப்படும் கால அளவில் 86,400-ல் ஒரு பகுதியாகும். சூரிய நாள் என்பது சூரியன் வான் முகட்டை அடுத்தடுத்து இரு தடவைகள் கடப்பதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் கால அளவு. இக் கால அளவு ஓராண்டுக் காலத்தில் சிறிது சிறிது மாறுபடுவதால் ஓராண்டுக் கால அளவினை அதில் அடங்கி யுள்ள சூரிய நாள்களால் வகுப்பதால் கிடைக்கும் ஈவு, சராசரி சூரிய நாள் எனக் கொள்ளப்படுகிறது.

வழிவந்த சில ராசிகளின் அலகுகள் :

| அளவுகள் | மெட்ரிக் முறை | பிரிட்டன் முறை |
|---|---|---|
| பரப்பளவு | சதுர சென்டி மீட்டர் | சதுர அடி |
| பருமன் | கன சென்டி மீட்டர் | கன அடி |
| அடர்த்தி | கிராம்/கன சென்டி மீட்டர் | பவுண்டு/கன அடி |
| வேகம் | சென்டி மீட்டர்/நொடி | அடி/நொடி |

இனி அடிப்படை ராசிகளின் நுட்ப அளவீடுகளைப் பற்றிக் காண்போம்.

## நீட்டலளவு (Measurement of Length)

வழக்கமாக, ஒரு பொருளின் நீளத்தை யறிய நாம் ஓர் அடிக்கோலையோ (foot scale) அல்லது மீட்டர் கோலையோ (metre scale) பயன்படுத்துகிறோம். அடிக்கோலில் அதன் நீளம் 12 அங்குலமாகப் பிரிக்கப்பட்டு ஒவ்வோர் அங்குலமும் 10 பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு இருக்கும். அதாவது, அடிக் கோலில் இரு அடுத்தடுத்த கோடுகளுக்கிடையேயுள்ள நீளம் 0·1 அங்குலமாகும். மீட்டர் கோலில் அதன் நீளம் 100 சென்டி மீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு ஒவ்வொரு சென்டி மீட்டரும் 10 மில்லி மீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு இருக்கும். அதாவது, மீட்டர் கோலில் அடுத்தடுத்த இரு கோடுகளுக்கிடையேயுள்ள நீளம் ஒரு மில்லி மீட்டர் அல்லது 0·1 சென்டி மீட்டராகும்,

நீளத்தை அளவிடும்போது கவனிக்க வேண்டிய சில குறிப்புகள் பின்வருமாறு :

(i) கோலின் தொடக்க முனை (zero end) பொருளின் ஒரு முனையோடு பொருந்தி இருக்குமாறு வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். தொடக்க முனை சேதப்பட்டிருந்தால் வேறு எந்த

ஒரு பிரிவுக் கோட்டையும் (காட்டாக ஓர் அங்குலத்தைக் குறிக்கும் கோடு) பொருளின் ஒரு முனையோடு பொருந்தியிருக்குமாறு வைத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

(ii) பின்னர், கண்ணைப் பொருளின் மற்றொரு முனைக்கு நேராக வைத்துக்கொண்டு அளவுகோலில் அதற்கு நேராக உள்ள அளவினைக் காணவேண்டும். கண்ணை இவ்வாறு நேராக வைத்துக்கொண்டு அளவினைக் காண்பதன் மூலம் இடமாறு தோற்றப் பிழையைத் (parallax error) தவிர்க்கலாம்.

(iii) அளவினைக் காணும்போது பொருளின் மறுமுனை இரு கோடுகளுக்கிடையே காணப்படின் நீளத்தை முழுப் பகுதிக்குத் (complete division) தோராயமாகக் கொள்ளவேண்டும்.

### வெர்னியர் (Vernier)

ஓர் அடிக்கோலையோ அல்லது மீட்டர் கோலையோ பயன்படுத்தி நீளத்தை அளவிடும்போது 0·1 அங்குலத்திற்குத் துல்லியமாகவோ அல்லது 0·1 செ.மீ.-க்குத் துல்லியமாகவோ தான் நம்மால் அளவிட முடியும். இவ்வாறு ஒரு கருவியைக் கொண்டு துல்லியமாக அளவிடக்கூடிய மிகச் சிறிய அளவு அதன் மீச்சிற்றளவை (least count) என்று அழைக்கப்படுகிறது. 0·1 அங்குலம் அல்லது 0·1 செ.மீ.-க்கு குறைவாக நீளத்தைத் திருத்தமாக அளவிட வேண்டுமானால் வேறு சாதனங்களைத்தான் நாடவேண்டும். அவைகளில் ஒன்று வெர்னியர் என்பதாகும். இது பால் வெர்னியர் (Paul Vernier) என்னும் ஃபிரான்சு நாட்டுக் கணித மேதையால் முதன் முதலில் ஆக்கப்பட்டதால் அவ்வறிஞரின் பெயராலேயே வழங்கப்படுகிறது. இது வழக்கிலிருக்கும் மீட்டர் கோலுடன் [இனி இதனை மூலக் கோல் (main scale) என்றே அழைப்போம்] சேர்ந்தே செயற்படக் கூடிய ஒரு துணைக்கோலே (auxiliary scale) ஆகும். இதனைத் தனித்துப் பயன்படுத்த முடியாது. இதனைத் தேவையான மீச்சிற்றளவை கொண்டதாக நிறுவிக் கொள்ளலாம்.

ஒரு வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை என்பது அதனைக் கொண்டு துல்லியமாக அளவிடக்கூடிய மிகச் சிறிய நீளமாகும். இது மூலக்கோலின் ஒரு பகுதியின் (division) மதிப்புக்கும் வெர்னியர் கோலின்(vernier scale) ஒரு பகுதியின் மதிப்புக்கும் உள்ள வேறுபாடாகும். பொதுவாக மூலக்கோல் பகுதி ஒன்றின் $\frac{1}{n}$ அளவினைத் திருத்தமாக அளப்பதற்கு $(n-1)$ மூலக்கோல் பகுதிகளை $n$ சம பகுதிகளாகப் பிரித்து

வெர்னியர் கோலை உருவாக்குகிறோம். வெர்னியர் கோலிலும் எண்கள் இடமிருந்து வலமாக மூலக்கோலில் உள்ளதுபோல் குறிக்கப்படுகின்றன. [$(n+1)$ மூலக்கோல் பகுதிகளை $n$ வெர்னியர் கோல் பகுதிகளாகப் பிரித்து வலமிருந்து இடமாக எண்கள் குறிக்கப்பட்ட மற்றொரு வகை வெர்னியரும் உண்டு. அது பின்னோக்கு வெர்னியர் (backward reading vernier) எனப்படும்.]

அத்தகைய வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை $\frac{1}{n}$ மூலக்கோல் பகுதியாகும். காட்டாக, மூலக்கோல் பகுதி ஒன்றின் 10-ல் ஒரு பகுதியைத் திருத்தமாக அளப்பதற்கு 9 மூலக்கோல் பகுதிகள் வெர்னியர் கோலில் 10 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. அவ்வாறே, மூலக்கோல் பகுதியின் 20-ல் ஒரு பகுதியைத் திருத்தமாக அளப்பதற்கு 19 மூலக்கோல் பகுதிகளை 20 வெர்னியர் கோல் பகுதிகளாக்வும் 25-ல் ஒரு பகுதியை அளப்பதற்கு 24 மூலக்கோல் பகுதிகளை 25 வெர்னியர் கோல் பகுதிகளாகவும் பிரிக்கிறோம்.

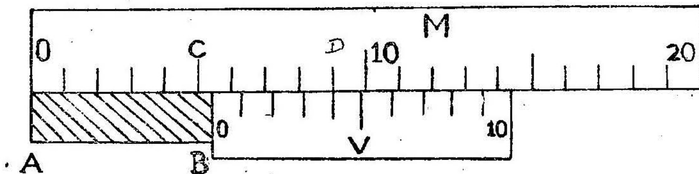
இனி வெர்னியரை எவ்வாறு பயன்படுத்துவது என்று பார்ப்போம். எடுத்துக் காட்டாக, 9 மூலக்கோல் பகுதிகள் 10 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்ட வெர்னியர் கோலை எடுத்துக் கொள்வோம். அத்தகைய வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை $\frac{1}{10}$ மூலக்கோல் பகுதியாகும். இதனையே மீச்சிற்றளவை, ஒரு மூலக்கோல் பகுதிக்கும் ஒரு வெர்னியர் கோல் பகுதிக்கும் உள்ள வேறுபாட்டிற்குச் சமம் என்ற கொள்கைப்படியும் கணக்கிடலாம்.

அதாவது, மீச்சிற்றளவை $=$ 1 மூலக்கோல் பகுதி
— 1 வெர்னியர் கோல் பகுதி

ஆனால், 10 வெ.கோ.ப. $=$ 9 மூ.கோ.ப.
$\therefore$ 1 வெ.கோ.ப. $= \frac{9}{10}$ மூ.கோ.ப.
$\therefore$ மீச்சிற்றளவை $=$ 1 மூ.கோ.ப. $- \frac{9}{10}$ மூ.கோ.ப.
$= \frac{1}{10}$ மூ.கோ.ப.

படம் 1.1 வெர்னியரின் உதவி கொண்டு பொருளின் நீளம் எவ்வாறு அளக்கப்படுகிறது என்பதை விளக்குகிறது. படத்தில், $AB$ என்பது பொருள். $M$ என்ற மூலக்கோல் (மில்லி மீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம்) அதன் அளவுக் கூறுகள் குறிக்கப்பட்ட விளிம்பானது $AB$ஐ ஒட்டியும், அதன் தொடக்க முனை பொருளின் $A$ முனையுடன் பொருந்தியும் இருக்குமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. $B$ முனைக்கு நேராக மூலக்கோலில் உள்ள அளவு $AB$-ன் ...

கும். படத்தில் $B$ முனை 5ஆவது மூலக்கோல் பகுதிக்கும் 6ஆவது மூலக்கோல் பகுதிக்கும் இடையே இருப்பதால் அதன் நீளம் 5 மூலக்கோல் பகுதிகளுக்கும் 6 மூலக்கோல் பகுதிகளுக்கும் இடைப்பட்டதாக உள்ளது என்பதை அறிகிறோம். அதனைத் திருத்தமாக அளப்பதற்கு $V$ என்ற வெர்னியரின் தொடக்க முனை பொருளின் $B$ முனையை ஒட்டியிருக்குமாறும், அதன் அளவுக் கூறுகள் குறிக்கப்பெற்ற விளிம்பு மூலக்கோலை ஒட்டி யிருக்குமாறும் இருக்கும்படி வைக்கவேண்டும்.




படம் 1.1

இப்போது வெர்னியர் கோலின் பகுதிகளை நோக்குவோமாயின், ஒரு குறிப்பிட்ட வெர்னியர் பகுதி மூலக்கோலின் ஏதோவொரு பகுதியுடன் ஒன்றியிருப்பதைக் காணலாம். படத்தில் 4ஆவது பகுதி மூலக்கோலின் 9ஆவது பகுதியுடன் ($C$) ஒன்றியிருப்பதைக் காணலாம். எனவே,

பொருளின் நீளம் $(AB) = AC + CB$

ஆனால் $AC = 5$ மூலக்கோல் பகுதிகள்; $CB$ என்பது மூலக் கோல் பகுதி ஒன்றின் பின்னமாகும். இதனை வெர்னியரின் உதவி கொண்டு பின்வருமாறு அளவிடுகிறோம்:

$CB = CD - BD$

$= 4$ மூலக்கோல் பகுதிகள் $- 4$ வெர்னியர் கோல் பகுதிகள்

$= 4$ (1 மூ.கோ.ப. $-$ 1 வெ.கோ.ப.)

ஆனால், 1 மூ.கோ.ப. $-$ 1 வெ.கோ.ப. $=$ மீச்சிற்றளவை

$\therefore CB = 4 \times$ மீச்சிற்றளவை

$\therefore AB = 5$ மூ.கோ.ப. $+ (4 \times$ மீச்சிற்றளவை$)$

மேற்கூறிய சமன்பாட்டில் 4 என்பது மூலக்கோலின் ஒரு பகுதியுடன் ஒன்றும் வெர்னியர் கோல் பகுதியின் எண்ணைக் குறிப்பதால் அதனை ஒன்றும் வெர்னியர் கோல் பகுதி என அழைக்கிறோம். அதனையே வெர்னியர் கோல் அளவீடு (வெ.கோ.அ.) எனவும் அழைக்கலாம். 5 என்பது மூலக்

கோலிலிருந்து கணக்கிடப்படுவதால் அதனை மூலக்கோல் அளவீடு (மூ.கோ.அ.) என அழைக்கிறோம்.

எனவே, $AB = 5$ மூ.கோ.ப. $+ 4 \times$ மீச்சிற்றளவை
$= 5$ மூ.கோ.ப. $+ 4 \times \frac{1}{10}$ மூ.கோ.ப.
$AB = 5{\cdot}4$ மூ.கோ.ப.

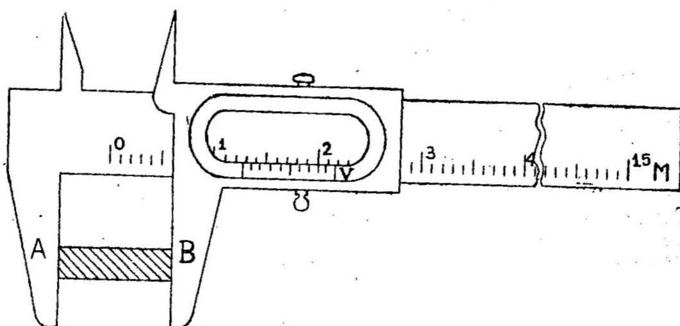
ஒரு மூ.கோ ப. 1 மி.மீ. ஆதலால், $AB = 5{\cdot}4$ மி·மீ. அல்லது $0{\cdot}54$ செ·மீ.

பொதுவாகக் குறிப்பிடின்,
பொருளின் நீளம் = மூ.கோ.அ.+(வெ.கோ.அ. × மீச்சிற்றளவை)

மூ.கோ.அ. என்பது வெர்னியர் கோலின் சுழிமுனைக்கு இடப் பக்கத்தில் மூலக்கோலில் உள்ள பகுதியாகும். வெ.கோ.அ· என்பது மூலக்கோலில் ஏதோவொரு பகுதியுடன் ஒன்றும் வெர்னியர் கோல் பகுதியாகும்.

## வெர்னியர் காலிப்பர் (Vernier Calipers)

இது வெர்னியர் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் அமைந்த ஒரு கருவி. இதனைக் கொண்டு பொருள்களின் உருவ அளவுகளை எளிதில் அளக்கலாம்.




படம் 1.2

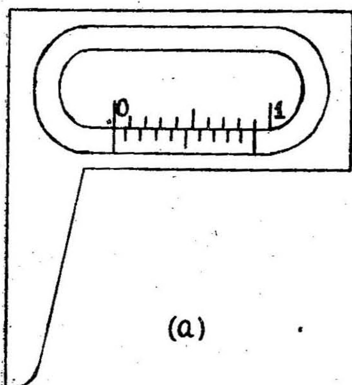
வெர்னியர் காலிப்பரைப் படம் 1·2-ல் காணலாம். படத்தில் $M$ என்பது சென்டி மீட்டர் மற்றும் மில்லி மீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்ட ஓர் உலோகக் கோல். இது மூலக்கோலாகச் செயற்படுகிறது. இதன் இடது முனையில் நேர்கோணத்தில் கெட்டியாகப் பொருத்தப்பட்ட $A$ என்ற ஓர் உலோகக் கரம்

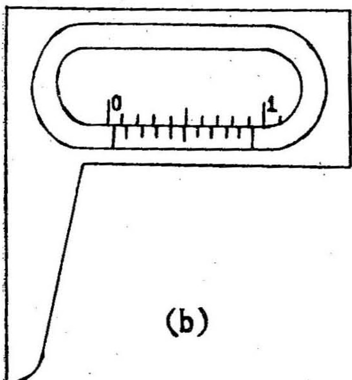
உள்ளது. $B$ என்பது மற்றொரு கரம். இது உலோகக் கோலின் மேல் நகரக் கூடியதாய் அமைந்துள்ளது. இதனை, $S$ என்ற ஒரு திருகாணியின் மூலம் உலோகக் கோலின் எந்த இடத்திலும் அசையாமல் பொருத்திக் கொள்ளலாம். இந்தக் கரம் $V$ என்ற வெர்னியரையும் தாங்கியுள்ளது. பொதுவாக, இந்த வெர்னியரில் 9 மூலக்கோல் பகுதிகள் 10 வெர்னியர் கோல் பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். $A, B$ ஆகிய இருகரங்களின் ஒன்றையொன்று நோக்கும் பக்கங்கள் சமதளங்களாக அமைந்துள்ளன. இவ் விரு தளங்களும் ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொள்ளும்போது மூலக்கோலின் சுழியும், வெர்னியர் கோலின் சுழியும் ஒன்றியிருக்கும் வண்ணம் இவ்விரு கோல்களிலும் அளவுக் கூறுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவ்வாறு இல்லாவிடில் கருவியில் தொடக்கப் பிழை (zero error) இருப்பதாகக் கொள்ளவேண்டும்.

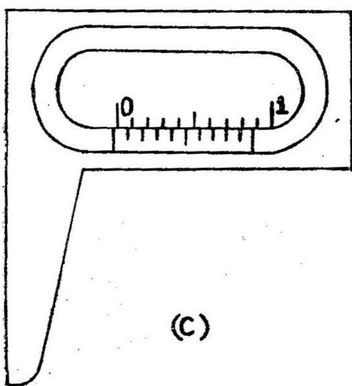
**வெர்னியர் காலிப்பரைக் கொண்டு ஓர் உருளையின் நீளத்தையும் விட்டத்தையும் கணக்கிடல்**

பரிசோதனையைத் தொடங்குமுன் வெர்னியர் காலிப்பரை ஆராய்ந்து அதன் மீச்சிற்றளவை, தொடக்கப் பிழை ஆகியவற்றைக் கணக்கிட வேண்டும். தொடக்கப் பிழை ஏதுமிருப்பின், அதற்கான தொடக்கத் திருத்தத்தைக் (zero correction) கணக்கிட்டு நாம் காணும் ஒவ்வோர் அளவுடன் கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும். தொடக்கப் பிழையைக் காண $A, B$ ஆகிய இரு கரங்களையும் அவற்றின் சமதளங்கள் ஒன்றையொன்று தொடும்படி வைக்க வேண்டும். இப்போது, மூலக்கோல், வெர்னியர் கோல் ஆகியவற்றின் சுழிகள் ஒன்றியிருப்பின் [படம் 1.3$a$] தொடக்கப்பிழை கிடையாது. அன்றி, வெர்னியர் கோலின் சுழி, மூலக்கோலின் சுழிக்குமுன் (அல்லது வலப்புறம்) இருப்பின் தொடக்கப் பிழையை நேர்க்குறி யுடையதாகக் (positive) கொள்ளவேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, வெர்னியர் சுழி மூலக்கோலின் சுழிக்கு முன்பாக அமைந்து, வெர்னியரில் 4ஆவது பகுதி ஒரு மூலக்கோல் பகுதியுடன் ஒன்றியிருப்பின் [படம் 1.3$b$] தொடக்கப் பிழை ($+4\times$ மீ.அ.) ஆகும். மாறாக, வெர்னியர் சுழி மூலக்கோல் சுழிக்குப்பின் (இடப்புறம்) அமைந்திருப்பின் தொடக்கப் பிழையை எதிர்க்குறி யுடையதாகக் (negative) கொள்ளவேண்டும். காட்டாக, வெர்னியர்சுழி மூலக்கோல் சுழிக்குப்பின் அமைந்து, வெர்னியரின் 3ஆவது பகுதி ஒரு மூலக்கோல் பகுதியுடன் இசைந்திருப்பின் [படம் 1.3$c$] தொடக்கப் பிழை [$-(10-3)\times$ மீ. அ.] ஆகும் (10 என்பது வெர்னியரில் உள்ள மொத்தப் பகுதிகளைக் குறிக்கிறது).

தொடக்கப் பிழை நேர்க்குறி யுடையதாயின் தொடக்கத் திருத்தம் எதிர்க்குறி யுடையதாகவும், பிழை எதிர்க்குறி யுடையதாயின், திருத்தம் நேர்க்குறி யுடையதாகவும் அமையும். நாம் கணக்கிடும் அளவுடன் தொடக்கத் திருத்தத்தை எப்போதும் கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும்.




படம் 1.3

வெர்னியர் காலிப்பரின் மீச்சிற்றளவையையும் தொடக்கத் திருத்தத்தையும் அறிந்தபின் உருளையை நீளவாக்கில் $A$, $B$ ஆகிய இரு கரங்களுக்கிடையில் மென்மையாகப் பற்றிக்கொள்ள வேண்டும். இப்போது மூலக்கோல் அளவீட்டையும் (வெர்னியர் சுழிக்கு இடப்புறம் உள்ள மூலக் கோல் பகுதியின் மதிப்பு) வெர்னியர் கோல் அளவீட்டையும் (மூலக்கோல் பகுதி ஒன்றுடன் இசைந்திருக்கும் வெர்னியர் பகுதி) காண வேண்டும். காட்டாக, படம் 1.2-ல் மூ·கோ·அ· $=1{\cdot}2$ செ.மீ., வெ.கோ.அ. $=8$. [மீச்சிற்றளவை $=0{\cdot}01$ செ.மீ. தொடக்கத் திருத்தம் $=-(4\times{\cdot}01)$ செ.மீ. $=0{\cdot}04$ செ.மீ. எனக் கொள்வோம்]. இனி,

உருளையின் நீளம் = மூ.கோ.அ. + (வெ.கோ.அ. × மீ.அ.) + சுழித்திருத்தம்

என்ற வாய்பாட்டின்படி உருளையின் நீளத்தைக் கணக்கிட வேண்டும். அதாவது உருளையின் நீளம் $= 1{\cdot}2 + (8\times{\cdot}01) - 0{\cdot}04$ செ.மீ. $= 1{\cdot}24$ செ.மீ. ஆகும்.

உருளையை விட்டவாக்கில் பற்றுவதன்மூலம் மேற்கூறிய வாறு விட்டத்தைக் கணக்கிடலாம்.

உருளையை வெவ்வேறு இடங்களில் பற்றி நீளத்தையும் விட்டத்தையும் மூன்று அல்லது நான்கு முறைகள் கண்டு, அவைகளின் சராசரி மதிப்புகளைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ள வேண்டும்.

காட்சிப்பதிவுகளைக் (observations) கீழ்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம் :

மூலக்கோல் பகுதி ஒன்றின் மதிப்பு = 1·உ செ.மீ.
வெர்னியரின் நீளம் (மூ.கோ.ப.-ல்) = மூ.கோ.ப.
வெர்னியரிலுள்ள மொத்தப் பகுதிகள் = 10
வெர்னியர்கோல் பகுதி ஒன்றின் மதிப்பு = மூ.கோ.ப.
அதம அளவை = 1 மூ.கோ.ப.
−1 வெ.கோ.ப. = மூ.கோ.ப.
= செ.மீ.
தொடக்கப் பிழை = செ.மீ.
சுழித்திருத்தம் = செ.மீ.

| பொருள் | உருவ அளவு | மூ.கோ.அ. (செ.மீ.) | வெ.கோ.அ. | பதிவு செய்யப்பட்ட அளவு = மூ.கோ.அ. + வெ.கோ.அ. × மீ. அ. (செ.மீ.) | திருத்தப்பட்ட அளவு = பதிவு செய்யப்பட்ட அளவு + தொடக்கத் திருத்தம் (செ.மீ.) | சராசரி உருவ அளவு (செ.மீ.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| உருளை | நீளம் | | | | | |
| | விட்டம் | | | | | |

குறிப்பு : உருளையின் நீளம் ($l$), விட்டம் ($2r$) ஆகியவற்றைக் கணக்கிட்டபின் அதன் பருமனை ($V$)

$$V = \pi r^2 l$$

என்னும் வாய்பாட்டால் அறியலாம்.

### மாதிரிக் கணக்குகள் (Worked Examples)

1. ஒரு மூலக்கோல் அரை மில்லி மீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது. அத்தகைய கோலின் 49 பகுதிகள் 50 வெர்னியர் பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவையினைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** மூலக்கோல் பகுதி ஒன்றின் மதிப்பு = 0·5 மி.மீ.
= 0·05 செ.மீ.

வெர்னியரின் நீளம் = 49 மூ.கோ.ப.

வெர்னியரின் அனைத்துப் பகுதிகள் = 50

வெர்னியர் பகுதி ஒன்றின் மதிப்பு = $\frac{49}{50}$ மூ.கோ.ப.

∴ மீச்சிற்றளவை = 1 மூ.கோ.ப. − 1 வெ.கோ.ப.
= 1 மூ.கோ.ப. − $\frac{49}{50}$ மூ.கோ.ப.
= $\frac{1}{50}$ மூ.கோ.ப.
= $\frac{\cdot 05}{50}$ செ.மீ.

மீச்சிற்றளவை = ·001 செ.மீ.

2. அரை மில்லி மீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ள மூலக் கோலின் உதவியுடன் 0·005 செ.மீ. மீச்சிற்றளவை உள்ள வெர்னியரை எவ்வாறு நிறுவுவது ?

**விடை :** மூலக்கோல் பகுதியின் மதிப்பு = 0·5 மி.மீ.
= 0·05 செ.மீ.

வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை = 0·005 செ.மீ.

மீச்சிற்றளவை = 1 மூ.கோ.ப. − 1 வெ.கோ.ப.

0·005 = 0·05 − 1 வெ.கோ.ப.

∴ 1 வெ.கோ.ப. = (·05 − ·005) செ.மீ.
= 0·045 செ.மீ.

$\frac{\text{மூ.கோ.ப.}}{\text{வெ.கோ.ப.}} = \frac{\cdot 050}{\cdot 045}$
$= \frac{10}{9}$

∴ 10 வெ.கோ.ப. = 9 மூ.கோ.ப.

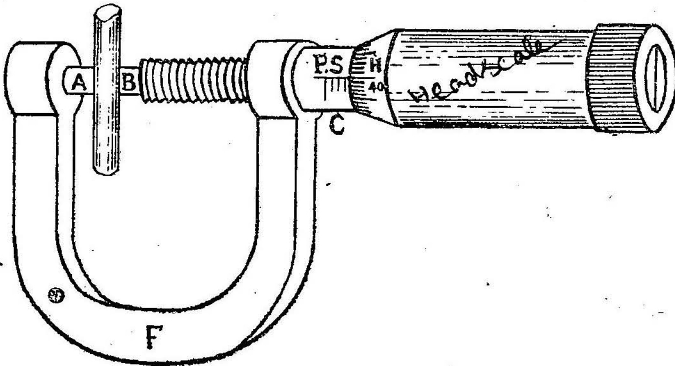
எனவே, 0·005 செ.மீ. மீச்சிற்றளவை உள்ள வெர்னியரைச் செய்ய 9 மூலக்கோல் பகுதிகளை 10 வெர்னியர் கோல் பகுதிகளாகப் பிரிக்க வேண்டும்.

### திருகு அளவி (Screw Gauge)

இக் கருவி, மெல்லிய கண்ணாடித் தகடு, மெல்லிய கம்பி போன்ற சிறிய பொருள்களின் உருவ அளவுகளைக் காணப் பயன்படுகிறது. இது திருகாணியின் தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது.

**திருகாணியின் தத்துவம்:** மரையின் வழியே செலுத்தப் பட்ட ஒரு திருகாணியை ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றினால் திரு காணியின் முனை எப்போதும் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரம் நகரும். அக் குறிப்பிட்ட தூரம் திருகுப் புரியிடைத் தூரம் (pitch of the screw) எனப்படும். அது, திருகின் அச்சுக்கிணையாக அடுத் தடுத்த இரு புரிகளுக்கு இடையே உள்ள தூரத்திற்கும் சமமாகும்.

திருகு அளவியைப் படம் 1·4-ல் காணலாம். படத்தில் $F$ என்பது ஒரு U வடிவ உலோகச் சட்டம். அதன் ஒரு முனையில் உள்ளீடற்ற குழாய் ($C$) ஒன்று பொருத்தப்பட்டிருக் கிறது. இக் குழாயின் அச்சுக்கிணையாக அதன்மீது காணப் படும் அளவுக் கூறுகள் புரிக்கோலின் (pitch scale) பகுதி களாகும். பொதுவாக இக்கோல் மில்லி மீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். உள்ளீடற்ற குழாயின் உட்சுவரில் அமைந்துள்ள திருகுமரையின் வழியே ஒரு திருகாணி செல்லு கிறது. இத் திருகாணியின் ஒரு முனை ($B$) சமதளமாய் அமைந் துள்ளது. மறுமுனையில் (அதாவது உச்சியில்) சரிவாகச் செய்யப்பட்ட விளிம்பினையுடைய மற்றோர் உள்ளீடற்ற




படம் 1.4

குழாய் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இக் குழாய் முதலில் கூறப் பட்ட குழாயின் மீது செருகப்பட்ட நிலையில் உள்ளது. இதன் சரிவாக வெட்டப்பட்ட விளிம்பு பொதுவாக 100 சம பகுதி களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். இது ($H$) தலைக்கோல் (head scale) என்று அழைக்கப்படுகிறது. தலைக்கோலைச் சுற்றுவதன் மூலம் திருகாணியைச் சுற்றலாம். தலைக்கோலும் திரு காணியோடு அதன் அச்சுக்கு இணையாகப் புரிக்கோலின்

மீது அசையும். திருகாணியின் சமதள முனைக்கு எதிராக U வடிவச் சட்டத்தின் மறுமுனையில் சமதளத்தைக் கொண்ட உலோகக் குமிழ் (*A*) ஒன்று அமைந்துள்ளது. *A*, *B* ஆகிய தளங்கள் ஒன்றையொன்று தொடும்போது தலைக் கோலின் சுழியும் புரிக்கோலின் சுழியும் ஒன்றையொன்று தொடுமாறு அக்கோல்களின் அளவுக் கூறுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அதாவது *A*, *B* ஆகிய தளங்கள் ஒன்றையொன்று தொடும்போது தலைக்கோலின் விளிம்பு புரிக்கோலின் சுழிக்கோட்டைத் தொட்டவாறும், தலைக் கோலின் சுழிக்கோடு புரிக்கோலின் ஆதாரக் கோட்டுடன் (base line—திருகாணி அச்சுக்கிணையாயமைந்த நீண்ட கோடு) ஒன்றியும் அமைய வேண்டும். அவ்வாறு இல்லாவிட்டால் கருவியில் தொடக்கப்பிழை உள்ளதாகக் கருத வேண்டும். திருகாணியைத் தேவைக்கதிகமாகத் திருகுவதைத் தடுக்க அதன் உச்சி முனையில் வழித்தடையமைவு (ratchet) ஒன்று உள்ளது.

### திருகு அளவியின் உதவியால் மெல்லிய கம்பியின் விட்டத்தைக் கணக்கிடல்

முதலில், திருகு அளவியை நன்கு ஆராய்ந்து அதன் புரியிடைத் தூரம், மீச்சிற்றளவை, தொடக்கத் திருத்தம் ஆகியவற்றைக் காண வேண்டும்.

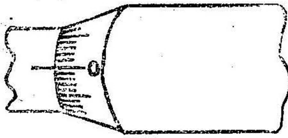
**புரியிடைத் தூரத்தைக் கணக்கிடல்:** தலைக்கோலின் சுழி புரிக்கோலின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியுடன் இணையுமாறு அமைக்க வேண்டும். பின்னர் தலைக்கோலை 10 முழுச்சுற்றுகள் சுற்றியபின் தலைக்கோல் புரிக்கோலில் நகர்ந்த தூரத்தைக் காண வேண்டும். இந்தத் தூரத்தைப் பத்தால் வகுக்கப் புரியிடைத் தூரம் கிடைக்கும்.

**மீச்சிற்றளவை:** திருகு அளவியின் மீச்சிற்றளவை என்பது தலைக்கோலை அதில் ஒரு பகுதி சுற்றும்போது திருகாணி நகரும் தூரமாகும். இதுவே புரியிடைத் தூரத்தைத் தலைக்கோலின் மொத்தப் பகுதிகளால் வகுப்பதால் கிடைக்கும். அதாவது,

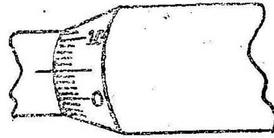
$$\text{மீச்சிற்றளவை} = \frac{\text{புரியிடைத் தூரம்}}{\text{தலைக்கோலிலுள்ள மொத்தப் பகுதிகள்}}$$

**தொடக்கத் திருத்தம்:** *A*, *B* தளங்கள் ஒன்றையொன்று தொடுமாறு திருகாணியைத் திருக வேண்டும். இப்போது

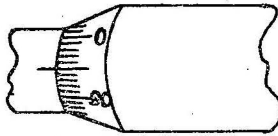
தலைக்கோலின் சுழியும் புரிக்கோலின் சுழியும் இணைந்திருக்க வேண்டும் [படம் 1.5*a*]. அவ்வாறுயின் தொடக்கப் பிழை இல்லை. அவ்வாறின்றித் தலைக்கோல் சுழி, புரிக்கோலின் சுழியுடன் இணையுமுன்பே $A, B$ தளங்கள் ஒன்றையொன்று தொடுமாயின் [படம் 1.5*b*] தொடக்கப் பிழையை நேர்க்குறியுடையதாகக் கொள்ள வேண்டும். படத்தில் தலைக்கோலின் சுழிக்குப் பதிலாக 5ஆவது பகுதி புரிக்கோலின் சுழியுடன்



(a)



(b)



(c)

படம் 1.5

இணைந்திருப்பதைக் காணலாம். இவ் வமைப்பில் தொடக்கப் பிழை (+5) தலைக்கோல் பகுதிகள் ஆகும். தொடக்கத் திருத்தம் (−5) தலைக்கோல் பகுதிகளாகும். மாறுக, $A$, $B$ தளங்கள் ஒன்றையொன்று தொடுமுன்பு தலைக்கோல் சுழி, புரிக்கோல் சுழியுடன் இணைந்தால் தொடக்கப் பிழை எதிர்க் குறியுடையதாகும். படம் 1.5*c*-ல் தலைக்கோல் சுழி, புரிக்கோலின் ஆதாரக் கோட்டைத் தாண்டியிருப்பதையும், தலைக்கோலின் 95ஆவது பகுதி புரிக்கோலின் சுழியுடன் இணைந்திருப்பதையும் காணலாம். இவ் வமைப்பில் தொடக்கப் பிழை −(100−95) தலைக் கோல் பகுதிகளாகும். 100 என்பது தலைக்கோலின் மொத்தப் பகுதிகளாகும். தொடக்கத் திருத்தம் +5 தலைக்கோல் பகுதி

களாகும். கருவியில் தொடக்கப் பிழை இருப்பின் கருவி பதிவு செய்யும் அளவுடன் சுழித் திருத்தத்தைக் கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும்.

இனி, $A$, $B$ தளங்களுக்கிடையே போதுமான இடைவெளி இருக்குமாறு திருகாணியைத் திருக வேண்டும். இரு தளங்களுக் கிடையே மெல்லிய கம்பியை வைத்துத் திருகாணியைத் திருகி அதனை மென்மையாகப் பற்றவேண்டும். இப்போது புரிக்கோலின் அளவீட்டையும் (பு.கோ.அ.—இது புரிக் கோலில் தெரியும் முழுப் பகுதிகளாகும். படம் 1·4-ல் 3 மி.மீ., படம் 1.4-ல் 40) தலைக்கோல் அளவீட்டையும் (த.கோ.அ.— இது தலைக்கோலில் புரிக்கோலின் ஆதாரக் கோட்டிற்கு நேராக உள்ள அளவீடு ஆகும்) காணவேண்டும். பின்னர், பதிவு செய்யப்பட்ட அளவு = பு.கோ.அ. + த.கோ.அ. × மீ.அ.

∴ திருத்தப்பட்ட அளவு (விட்டம்) = பதிவு செய்யப்பட்ட அளவு + தொடக்கத் திருத்தம்.

அதாவது,

கம்பியின் விட்டம் = பு.கோ.அ + (த.கோ.அ. × மீ.அ. + தொடக்கத் திருத்தம்.)

மீச்சிற்றளவை = 0·01 மி.மீ. தொடக்கத் திருத்தம் = −5 த.கோ.ப = −5 × ·01 = −0·5 மி. மீ. எனக் கொள்வோமாயின் படம் 1.4-ல்

கம்பியின் விட்டம் = 3 + (40 × 0·01) = ·05 மி.மீ. = 3·35 மி.மீ.

இனி, கம்பியை அதே இடத்தில் வேறு திசையில் பற்றியும், வேறு இடங்களில் பற்றியும் அதன் விட்டத்தைக் கணக்கிட்டு அதன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ள வேண்டும்.

காட்சிப் பதிவுகளைக் கீழ்க்காணுமாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம்:

புரிக்கோலில் ஒரு பகுதியின் மதிப்பு = மி.மீ.

தலைக்கோல் சுற்றப்பட்ட சுற்றுகள் = 10

புரிக்கோலில் தலைக்கோல் நகர்ந்த தூரம் = மி.மீ.

$$\text{புரியிடைத் தூரம்} = \frac{\text{தலைக்கோல் நகர்ந்த தூரம்}}{10} = \text{மி.மீ.}$$

தலைக்கோலில் உள்ள பகுதிகள் =

மீச்சிற்றளவை = $\frac{\text{புரியிடைத் தூரம்}}{\text{தலைக்கோலில் உள்ள பகுதிகள்}}$ = மி.மீ.

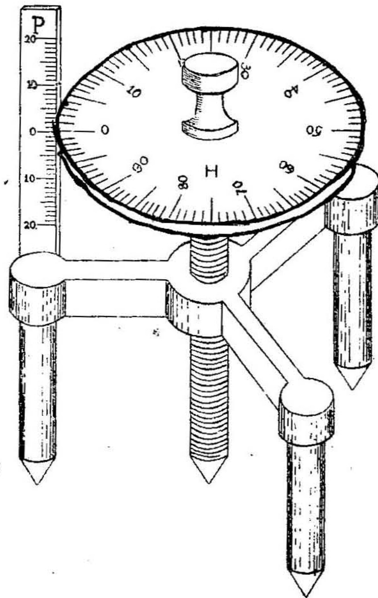
தொடக்கத் திருத்தம்=.........த.கோ.ப.=.........மி.மீ.

| பொருள் | உருவ அளவு | பு.கோ.அ. (மி.மீ.) | த.கோ.அ. | பதிவு செய்யப்பட்ட அளவு =பு.கோ.அ.+ த.கோ.அ×மீ.அ. (மி.மீ.) | திருத்தப்பட்ட அளவு= பதிவு செய்யப்பட்ட அளவு×தொடக்கத் திருத்தம் (மி.மீ.) | சராசரி உருவ அளவு (மி. மீ.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| கம்பி | விட்டம் | | | | | |

**கோளமானி** (Spherometer)

இதுவும் திருகின் தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டதே. இதனுதவியால் மெல்லிய கண்ணாடித் தகட்டின் தடிப்பைக் காணலாம்.

இதில் முக்கவை உலோகச் சட்டம் ஒன்று மூன்று கூர்மையான கால்களின் மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இம் மூன்று கால்களும் ஒரு சமபக்க முக்கோணத்தின் மூன்று மூலைகளில் அமைகின்றன [படம் 1.6]. சட்டத்தின் நடுவேயுள்ள திருகு மரையின் வழியே கீழ்முனை கூராக உள்ள ஒரு திருகாணி செல்லுகிறது. அதன் மேல் முனையில் வட்டமான தட்டு




படம் 1.6

($H$) ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இத் தட்டின் விளிம்பு 100

சம பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இது, தலைக்கோல் என்று அழைக்கப்படுகிறது. மில்லிமீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்ட மற்றொரு கோல் ($P$) கால்கள் ஒன்றில் தலைக்கோலின் விளிம்பைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறு செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இது, புரிக்கோல் என்று அழைக்கப்படும். திருகாணியின் கூர்முனை கால்களின் கூர் முனைகள் அமைந்திருக்கும் அதே தளத்தில் அமையும் போது தலைக்கோலின் சுழி, புரிக்கோலின் சுழியுடன் இணைந்திருக்குமாறு இக் கருவி அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. எனவே, புரிக்கோலின் சுழி கோலின் நடுவே யமைந்து, அளவுக் கூறுகள் மேல்நோக்கியும், கீழ்நோக்கியும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

### கண்ணாடித் தகட்டின் தடிப்பை அளவிடல்

முதலில், கருவியினை நன்கு ஆராய்ந்து புரியிடைத் தூரம், மீச்சிற்றளவை, தொடக்க அளவீடு ஆகியவைகளைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். புரியிடைத் தூரத்தையும் மீச்சிற்றளவையையும் திருகு அளவியிலுள்ளது போலவே காணலாம்.

தொடக்க அளவீடு என்பது திருகாணியின் கூர்முனையும், கால்களின் கூர்முனைகளும் ஒரே தளத்தில் இருக்கும்போது கருவி பதிவு செய்யும் அளவீடு ஆகும். இதற்கு, கோளமானியை ஒரு சமதளக் கண்ணாடித் தகட்டின்மீது வைக்க வேண்டும். பின்னர் திருகாணியை அதன் கூர் முனை கண்ணாடித் தகட்டைச் சற்றே தொடும்படி திருகவேண்டும். இது ஒரு நுண்ணிய சீரமைவாகும் (adjustment). திருகாணியை மேல்நோக்கித் திருகியபின் கண்ணைக் கண்ணாடித் தகட்டின் பரப்புக்கு இணையாக வைத்துக் கொண்டு அதில் தெரியும் திருகுமுனையின் பிம்பமும், திருகுமுனையும் ஒன்றையொன்று சற்றே தொடும்படி திருகாணியை மெதுவாகக் கீழ்நோக்கித் திருகவேண்டும். திருகாணி தேவைக்குமேல் சிறிதேனும் திருகப்பட்டிருப்பின் கோளமானியின் கால்களிலொன்றைச் சற்று அசைக்கும்போது கருவி, திருகாணியின் அச்சை அச்சாகக் கொண்டு சுழலும். இதுசீரமைவைச் சரிபார்ப்பதற்கான சோதனையாகும். இப்போது புரிக்கோலில் தலைக்கோலுக்குக் கீழேயுள்ள முழுப் பகுதிகளைப் புரிக்கோல் அளவீடாகவும் (பு.கோ.அ.) தலைக்கோலில் புரிக்கோலுக்கு நேரேயுள்ள பகுதி

யினைத் தலைக்கோல் அளவீடாகவும் (த.கோ.அ.) குறித்துக் கொள்ள வேண்டும் (புரிக்கோலில் சுழி கோலின் நடுவே யமைந்து, அளவுக் கூறுகள் மேல்நோக்கியும் கீழ்நோக்கியும் குறிக்கப்பட்டிருப்பினும், சுழி கோலின் கீழ் முனையில் இருப்ப தாகவும், அளவுக்கூறுகள் மேல்நோக்கிக் குறிக்கப்பட்டிருப்ப தாகவும் கொண்டால் காட்சிப் பதிவுகளை எளிதாக்கலாம்). பின்னர்,

தொடக்க அளவீடு ($Ro$) = பு.கோ.அ. + (த.கோ.அ. × மீச் சிற்றளவை)

இச் சோதனையைத் தகட்டின்மீது இரண்டு, மூன்று இடங்களில் செய்து $Ro$-ன் சராசரி மதிப்பை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

இனி, திருகாணியை மேல்நோக்கித் திருகிய பின் சோதனைக்கு எடுத்துக்கொண்ட கண்ணாடித் தகட்டைத் திருகாணிக்குக் கீழ்மட்டும் இருக்கும்படி வைத்து, திருகாணியின் கூர்முனை தகட்டின் மேற்பரப்பைச் சற்றே தொடும்படி அதைத் திருக வேண்டும். பின்னர் புரிக்கோல் அளவீட்டையும், தலைக்கோல் அளவீட்டையும் கண்டு, கருவி பதிவு செய்யும் மொத்த அளவீட்டை ($R$)யும் கணக்கிடவேண்டும். திருகாணியின் கூர்முனை சோதனைத் தகட்டில் வெவ்வேறு இடங்களைத் தொடுமாறு வைத்துச் சோதனையைச் செய்து $R$-ன் சராசரி மதிப்பை எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும்.

$R$, $Ro$ ஆகியவற்றிற் கிடையேயுள்ள வேறுபாடு சோதனைத் தகட்டின் தடிப்பைக் ($t$) கொடுக்கும்.

காட்சிப் பதிவுகளைக் கீழ்வருமாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம்:

புரிக்கோலில் ஒரு பகுதியின் மதிப்பு = மி.மீ.

தலைக்கோல் 10 சுற்றுகள் சுற்றியபோது அது புரிக்கோலில் நகர்ந்த தூரம் = மி.மீ.

புரியிடைத் தூரம் = $\frac{\text{தலைக்கோல் நகர்ந்த தூரம்}}{10}$ = மி.மீ.

தலைக்கோலிலுள்ள மொத்தப் பகுதிகள் =

மீச்சிற்றளவை = $\frac{\text{புரியிடைத் தூரம்}}{\text{தலைக்கோலிலுள்ள பகுதிகள்}}$ = மி.மீ.

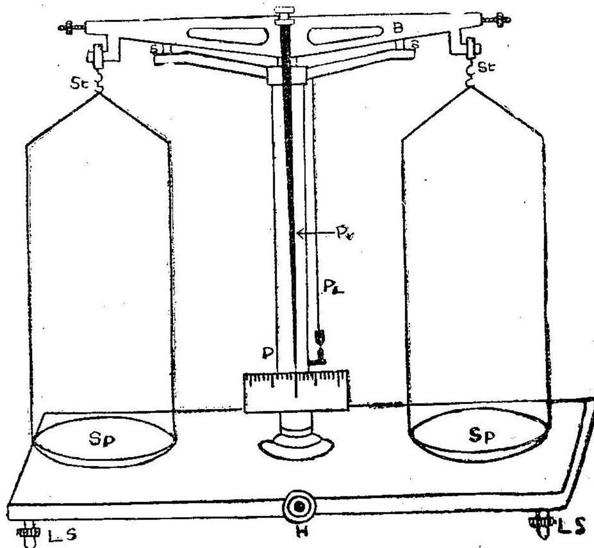
| திருகாணிக் கூர்முனை யின் நிலை | பு.கோ.அ. (மி.மீ.) | த.கோ.அ. | பதிவு செய்யப்பட்ட அளவீடு = பு.கோ.அ.+ த.கோ.அ.×மீ.அ. (மி.மீ.) | சராசரி அளவீடு (மி.மீ.) | தடிப்பு=$(R-Ro)$ (மி.மீ.) |
|---|---|---|---|---|---|
| கால்களின் முனை அமைந்த அதே தளத்தில் | | | | $(Ro)$ | |
| சோதனைத் தகட்டின் மேல் | | | | $(R)$ | |

## நிறுத்தலளவு (Measurement of Mass)

### பௌதிகத் தராசு (Physical Balance)

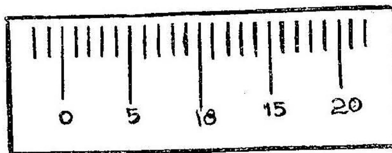
இதில் $B$ என்ற ஒரு தூலம் ($B$-beam) உள்ளது. அதன் மையத்தில் அகேட்டு (agate) என்னும் பொருளாலான கீழ் நோக்கிய கத்திமுனை ஒன்று உள்ளது. கத்திமுனை, செங்குத் தான உலோகத் தண்டு ஒன்றின் உச்சியிலுள்ள அகேட்டுத் தளத்தில் நிறுத்தப்பட்டிருக்கிறது. உலோகத் தண்டு சரி மட்டத் திருகாணிகளின் ($Ls$-Levelling screws) மீது அமைந்த ஒரு மரப்பலகையின் நடுவில் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட் டுள்ள உள்ளீடற்ற ஒரு தூணின் ($P$) வழியே மேலும் கீழும் அசையக்கூடியதாயுள்ளது. அதனை மரப்பலகையின் முன் உள்ள ஒருகைப்பிடியைத்($H$) திருப்புவதன்மூலம் மேலும் கீழும் அசைக்க முடியும். தூண் செங்குத்தாக உள்ளதா என்பதைச் சரிபார்க்க அதன் பக்கத்தில் ஒரு தூக்குக் குண்டும் ($Pl$-Plumb line) உள்ளது. தூலத்தின் இரு முனைகளிலும் அதன் மையத்திலுள்ள கத்தி முனையிலிருந்து சமதூரத்தில் மேல் நோக்கிய இரு கத்தி முனைகள் உள்ளன. அவற்றினின்று இரு கொக்கிகளும் ($St$-Stirrups) கொக்கிகளினின்றும் சம எடை யுள்ள இரு தட்டுகளும் ($Sp$) தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. தூலத்தின் இரு முனைகளிலும் இரு திருகு மரைகள் உள்ளன.

தூலத்தின் மையத்தில் அதற்கு நேர்குத்தாக ஒரு குறி முள் ($Pr$) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தராசு வேலை செய்யும் போது குறிமுள்ளின் கீழ்முனை தூணின் அடிப்பாகத்தில்




படம்-1·7

பொருத்தப்பட்ட தந்த அளவுகோல் ஒன்றின்முன் பக்க வாட்டில் முன்னும் பின்னும் அசைகிறது. இந்த அளவுகோலில் வழக்கமாக அளவுக் கூறுகள் இலக்கமிடாமல் இருக்கும். எனவே, படத்தில் [படம் 1.8] காட்டியுள்ளபடி இலக்க மிட்டிருப்பதாகக் கொள்ளவேண்டும். கத்தி முனைகள் சீக்கிரம்




படம்-1·8

கெட்டுவிடாமல் இருக்கத் தராசு வேலைசெய்யாதபோது அதன் தூலம் $S, S$ என்ற இரு தாங்கிகளின் மீது நிறுத்தி வைக்கப்படு கிறது. இந் நிலையில் தராசு அமைதி நிலையில் இருக்கிறது என்று கூறப்படும். கைப்பிடியைத் திருப்புவதன் மூலம் தூலம்

மேலே தூக்கப்படுவதால் தராசு நிறை பார்க்கத் தொழிற்படு நிலையிலுள்ளது. இதனை, தராசினைத் தொழிற்படுத்தல் என்று கூறுவோம். இம் முழு அமைப்பும் கதவுகளுடன் கூடிய ஒரு கண்ணாடிப் பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

எடைப் பெட்டி (Weight box)

தராசுடன் எடைப்பெட்டி ஒன்றும் இருக்கும். எடைப் பெட்டியில் எடைகளும் அவைகளைக் கையாள்வதற்காக இடுக்கி ஒன்றும் இருக்கும். எடைகள் பின்வருமாறு அமைந்துள்ளன :

100 கிராம், 50 கிராம், 20 கிராம், 20 கிராம், 10 கிராம்,
5 கிராம், 2 கிராம், 2 கிராம், 1 கிராம்,
500 மில்லி கிராம், 200 மில்லி கிராம், 200 மில்லி கிராம், 100 மில்லி கிராம்,
50 மில்லி கிராம், 20 மில்லி கிராம், 20 மில்லி கிராம், 10 மில்லி கிராம்.

தராசைப் பயன்படுத்தி நிறை காண்பதற்குப் பின்பற்ற வேண்டிய சில விதிகள்

(i) தூண் செங்குத்தாக்கப்பட வேண்டும். இதற்கு, தூக்குக் குண்டு அதன் குறிமுனைக்கு (index) நேர் மேலாக இருக்கும் வரை சரி மட்டத் திருகாணிகளைத் திருகவேண்டும்.

(ii) தட்டுகளில் இருக்கக் கூடிய தூசுகளை அகற்ற வேண்டும்.

(iii) கைப்பிடியை மெதுவாகத் திருப்புவதன் மூலம் தராசைத் தொழிற்படுத்த வேண்டும். இப்போது குறிமுள் தந்த அளவுகோல் முன் அசையும். தூலத்தின் இரு முனைகளிலும் உள்ள திருகு மரைகளின் உதவியால் அது இரு புறமும் சமமாக அசையும்படி செய்யவேண்டும்.

(iv) எடை காணவேண்டிய பொருளை இடத் தட்டிலும் எடைகளை வலத் தட்டிலும் வைக்கவேண்டும்.

(v) எடைகளை இறங்கு வரிசையிலேயே கையாள வேண்டும்.

(vi) தராசு பயன்படுத்தப்படாதபோதும், பொருள் அல்லது எடைகளைத் தட்டுகளில் சேர்க்கும்போதும், தட்டுகளிலிருந்து எடுக்கும்போதும் தராசினை அமைதி நிலைக்குக் கொண்டுவரவேண்டும்.

(vii) தராசை அமைதிநிலைப் படுத்துவதும், தொழிற் படுத்துவதும் மென்மையாகவே செய்யப்பட வேண்டும்.

(viii) எடைகளை இடுக்கியின் உதவியாலேயே கையாள வேண்டும். அவைகளைத் தட்டு அல்லது எடைப் பெட்டியி லன்றி வேறெங்கும் விட்டு வைக்கக் கூடாது.

(ix) எடை காணப்படும் பொருள் வெப்பமேற்று இருக்கக் கூடாது. அவ்வாருயின் தராசுப் பெட்டிக்குள் வெப்பச் சலனம் ஏற்பட்டு நிறுவைக்கு இடையூறு விளைவிக்கும்.

(x) ஒவ்வொரு தராசும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுவரை பயன்படுமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அதற்கு மேற்பட்ட எடையுள்ள பொருள்களை அந்தத் தராசில் நிறுக்கக் கூடாது.

(xi) காட்சிப் பதிவுகள் செய்யப்படும்போது கண்ணுடிப் பெட்டியின் கதவுகள் மூடப்பட வேண்டும்.

(xii) பரிசோதனை முடிந்தபின் அமைதி நிலைக்குக் கொண்டு வந்து கண்ணுடிக் கதவுகளை மூடவேண்டும். எடைகளை எடைப்பெட்டியில் உரிய இடங்களில் வைக்கவேண்டும்.

**நிலைத்தானம் (Resting point)**

சீரமைக்கப்பட்ட ஒரு தராசைத் தொழிற்படுத்திஞல் அதன் குறிமுள் தந்த அளவுகோல் முன் அசைந்து கடைசி யாக அமைதி பெறும். குறிமுள்ளின் அமைதி நிலைக்கு நேராக அளவுகோலில் உள்ள பகுதி நிலைத்தானம் என்று அழைக்கப் படும். தட்டுகளில் ஏதும் வைக்காதபோது கிடைக்கும் நிலைத்தானத்திற்கு எடை இரா நிலைத்தானம் (zero resting point) என்று பெயர். குறிமுள் அளவுகோலில் முன்னும் பின்னும் அசையும்போது ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் அளவு கோலில் எந்தப் பகுதியின் முன் திரும்புகிறதோ அதனைத் திரும்புதானம் என்றழைக்கிருேம். இடப்புறத்திலுள்ள திரும்பு தானத்தை இடத் திரும்புதானம் என்றும், வலப் புறத்திலுள்ள திரும்புதானத்தை வலத் திரும்புதானம் என்றும் கூறுகிருேம். குறிமுள் அமைதி நிலைக்கு வர நீண்ட நேரம் ஆகுமாதலால் மூன்று அல்லது ஐந்து அடுத்தடுத்த திரும்புதானங்களைக் கண்டு அவைகளினின்றும் நிலைத்தானத்தைக் கணக்கிடலாம்.

இனி, திரும்புதானங்களைக் கொண்டு நிலைத்தானத்தைக் கணக்கிடுவது எவ்வாறு என்று பார்ப்போம்.

தராசைக் கவனமாகச் சீரமைத்தபின், அதனைத் தொழிற் படுத்தவேண்டும். குறிமுள் சீராக இயங்கும்வரை பொறுத்

திருந்து ஓர் இடத் திரும்புதானம் முதற் கொண்டு அடுத்தடுத்த ஐந்து திரும்புதானங்களைப் பதிவு செய்யவேண்டும். இடத் திரும்புதானங்களை $a_1, a_2, a_3$ என்றும், வலத் திரும்புதானங்களை $b_1$, $b_2$ என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். இடத் திரும்புதானங்களின் சராசரியையும் $(x)$, வலத் திரும்பு-தானங்களின் சராசரியையும் $(y)$ கணக்கிடவேண்டும். இவ் விரு சராசரிகளுக்கும் சராசரியானது நிலைத்தானமாகும்.

திரும்புதானங்களைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம்:

| திரும்புதானங்கள் | |
|---|---|
| இடது | வலது |
| $a_1$ | $b_1$ |
| $a_2$ | $b_2$ |
| $a_3$ | |
| $x=\frac{a_1+a_2+a_3}{3}$ | $y=\frac{b_1+b_2}{2}$ |

நிலைத்தானம் $R=\frac{x+y}{2}$

**ஒரு பொருளின் நிறையை சென்டி கிராமுக்குத் திருத்தமாகக் காணல்**

தராசைக் கவனமாகச் சீரமைத்தபின் அதன் எடை இரா நிலைத்தானத்தைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். அதை $R_0$ எனக் கொள்வோம். பின்னர் பொருளை இடத் தட்டில் வைத்து வலத் தட்டில் எடைப் பெட்டியிலிருந்து ஏடைகளை இறங்கு வரிசையில் சேர்க்கவேண்டும். குறிமுள் எடை இரா நிலைத்தானத்திற்கு இருபுறமும் சமமாக இயங்கும்படி எடைகளின் அளவைச் சரி செய்யவேண்டும். அவ்வாறு செய்தபின் எடைகளின் அளவைக் குறித்துக்கொண்டு நிலைத்தானத்தைக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். எடையை $W$ எனவும், நிலைத்தானத்தை $R_1$ எனவும் கொள்வோம். இந்த நிலைத்தானமும் எடை இரா நிலைத்தானமும் ஒன்றேயானால், $W$ பொருளின் நிறையைக் குறிக்கும். ஆனால், பொதுவாக $R_1$, $R_0$-வைவிட அதிகமாகவோ, குறைவாகவோ இருக்கும். எனவே, எடையைக் கூட்டியோ, குறைத்தோ $R_1$ஐ $R_0$-க்குச் சமமாக்க முயலவேண்டும். $R_1$, $R_0$-வை விட அதிகமாக இருப்பின் $W$உடன் 10 மில்லி கிராம் சேர்த்து நிலைத்தானத்தைத் திரும்பவும் காணவேண்டும்.

$R_1$, $Ro$-வை விடக் குறைவாக இருப்பின் $W$-விலிருந்து 10 மில்லி கிராமைக் குறைத்து நிலைத்தானத்தைக் காணவேண்டும். இந்த நிலைத்தானத்தை $R_2$ ஆகக் கொள்வோம். இவ்வாறு கணக்கிடப்பட்ட $R_1$, $R_2$ ஆகிய இரு நிலைத்தானங்களும் $Ro$-க்கு இரு பக்கத்திலும் அமையவேண்டும். இனி இவ்விரு நிலைத் தானங்களில் $Ro$க்கு அண்மையிலுள்ள நிலைத்தானத்திற்குரிய எடை சென்டி கிராமுக்குத் திருத்தமாகப் பொருளின் நிறையைக் கொடுக்கும்.

திரும்புதானம், நிலைத்தானம் ஆகியவற்றைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்:

| பளு | | திரும்புதானங்கள் | | நிலைத் தானம் | எடை இரா நிலைத்தானத்திற்கு அண்மையிலுள்ள நிலைத்தானம் | சரியான எடை கிராம் |
|---|---|---|---|---|---|---|
| இடத் தட்டு | வலத் தட்டு | இடது | வலது | | | |
| $O$ | $O$ | | | ($Ro$) | | |
| பொருள் | $W$ கிராம் | | | $R_1$ | | |
| | $W \pm \cdot 01$ கிராம் | | | $R_2$ | | |

**தராசின் உணர்வு நுட்பம்** (Sensibility)

உணர்வு நுட்பம் என்பது ஒரு தட்டில் ஒரு சிறு எடையைச் (1 மி.கி.) சேர்க்கும்போது நிலைத்தானம் மாறுபடும் அளவாகும். காட்டாக, மேற்கூறிய அட்டவணையிலுள்ள காட்சிப் பதிவில்,

$$\text{உணர்வு நுட்பம்} = \frac{R_1 \backsim R_2}{10} \text{ அளவுக் கூறுகள்/மி.கி.}$$

[ல: வேறுபாட்டைக் குறிக்கும் குறியீடு]

உணர்வு நுட்பத்தின் தலைகீழ் மதிப்பு (reciprocal) ஒரு பொருளின் எடையை மில்லிகிராமுக்குத் திருத்தமாகக் கணக்கிடுவதில் மிகவும் பயன்படுகிறது. அம் மதிப்பு, நிலைத்தானத்தைத் தந்த அளவுகோலில் ஓர் அளவுக்கூறு நகர்த்துவதற்குத் தேவையான எடையாகும்.

**ஒரு பொருளின் நிறையை மில்லிகிராமுக்குத் திருத்தமாகக் காணல்**

சென்டிகிராமுக்குத் திருத்தமாகக் கண்டுபிடிப்பதற்கான மேற்கூறிய சோதனைப்படியே எடை இரா நிலைத்தானம் ($Ro$), நிலைத்தானங்கள் $R_1$, $R_2$ ஆகியவற்றைக் கணக்கிடவேண்டும்.

நிலைத்தானம் $R_1$, $Ro$-வைவிட அதிகமாகவோ குறைவாகவோ இருப்பதால்தான் அதனை $Ro$-க்குச் சமமாக்க வேண்டி 10 மி.கி. எடையைச் சேர்க்கவோ குறைக்கவோ செய்தோம். ஆனால், புதிதாகக் கிடைத்த நிலைத்தானம் $Ro$-வைக் கடந்து அதனைவிடக் குறைவாகவோ அல்லது அதிகமாகவோ அமைந்துவிட்டது. அதாவது, 10 மி.கி. எடைச் சேர்ப்போ அல்லது குறைப்போ தேவைக்கதிகமாகிவிட்டது. எனவே, $R_1$ஐ $Ro$-க்குச் சமமாக்குவதற்குத் தேவையான எடையைப் பின்வருமாறு கணக்கிட்டு $W$ உடன் சேர்க்கவோ அல்லது அதிலிருந்து குறைக்கவோ செய்கிறோம்.

நிலைத்தானத்தை $R_1$-லிருந்து $R_2$-க்கு நகர்த்துவதற்குத் தேவையான எடை = 10மி.கி.

= ·01 கி.

நிலைத்தானத்தை 1 அளவுக்கூறு நகர்த்துவதற்குத் தேவையான எடை $= \dfrac{\cdot 01}{R_1 \backsim R_2}$ கி.

நிலைத்தானத்தை $R_1$-லிருந்து $Ro$-க்கு நகர்த்துவதற்குத் தேவையான எடை $= \dfrac{0{\cdot}1}{R_1 \backsim R_2} \times R_1 \backsim Ro$

= $x$ கிராம்.

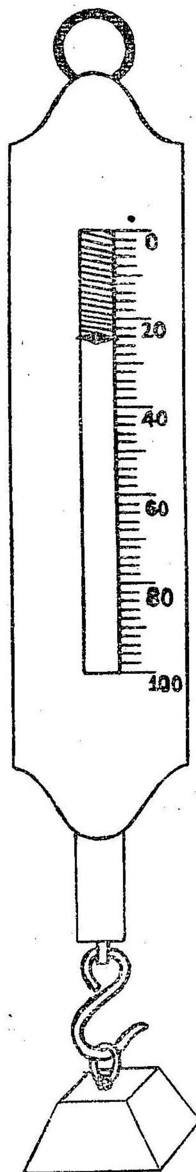
எனவே, $R_1$, $Ro$ஐவிட அதிகமாக இருப்பின் பொருளின் மில்லிகிராமுக்குத் திருத்தமான நிறை ($W+x$) கிராம் ஆகும். $R_1$, $R$-$o$வைவிடக் குறைவாக இருப்பின், நிறை ($W-x$) கிராம் ஆகும்.

**வில் தராசு** (Spring balance)

இதில் ஒரு நீண்ட உலோக உறையினுள் திருகு சுருள் வில் (spiral spring) ஒன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. வில்லின் மேல்முனை உறையின் உச்சியில் கெட்டியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கீழ்முனையில் ஒரு கொக்கியும் ஒரு சிறு குறிமுள்ளும்

பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. குறிமுள் உறையின் நீளவாக்கில் உள்ள நீண்ட சதுரத்துளையில் அசையக் கூடியதாயிருக்கிறது. துளையின் விளிம்பில் ஓர் அளவுகோல் பொருத்தப் பட்டுள்ளது.

கொக்கியில் ஒரு பொருளைத் தொங்க விடும்போது பொருளின் எடைக்கேற்ப வில்லின் நீளம் மாறுபடுகிறது. நீள மாறுபாடும், எடையும் நேர் விகிதத்திலிருக்கின்றன. தெரிந்த எடையுள்ள பொருள்களைக் கொக்கியில் தொங்க விடுவதன் மூலம் அளவு கோலில் எடை அளவுக்கூறுகள் குறிக்கப் படுகின்றன. எனவே, எடை தெரியாத ஒரு பொருளைத் தொங்கவிடும்போது குறிமுள்ளுக்கு எதிரே அளவுகோலில் உள்ள அளவீடு பொருளின் எடையை நேரடியாகத் தருகிறது.



படம் 1.9

## மாதிரிக் கணக்கு

ஒரு தராசில் தட்டுகள் வெறுமையாக இருக்கும்போது திரும்புதானங்கள் 7, 12·5, 7·5 ஆகும். இடத் தட்டில் ஒரு பொருளையும், வலத் தட்டில் 15·67 கி. எடையையும் சேர்த்தபோது திரும்பு தானங்கள் 8·5, 13, 9 ஆகும். வலத் தட்டில் மேலும் 10 மி.கி. சேர்த்தபோது கிடைத்த திரும்புதானங்கள் 6·5, 11·5, 7 ஆகும். பொருளின் நிறையை மில்லி கிராமுக்குத் திருத்தமாகக் கணக்கிடுக.

**விடை:** எடை இரா நிலைத்தானம் ($R_0$):

| | திரும்புதானங்கள் | |
|---|---|---|
| | வலது | இடது |
| | 7 | 12·5 |
| | 7·5 | |
| சராசரி | 7·25 | 12·5 |

$$R_0=\frac{7\cdot25+12\cdot5}{2}=\frac{19\cdot75}{2}=9\cdot88$$

இடத் தட்டில் பொருளும் வலத் தட்டில் 15·67 கி. எடையும் உள்ளபோது நிலைத்தானம் ($R_1$):

| | திரும்புதானங்கள் | |
|---|---|---|
| | இடது | வலது |
| | 8·5 | 13 |
| | 9 | |
| சராசரி | 8·75 | 13 |

$$R_1=\frac{8\cdot75+13}{2}=\frac{21\cdot75}{2}=10\cdot88$$

வலத் தட்டில் 15·68கி. எடை உள்ளபோது நிலைத்தானம் ($R_2$):

| | திரும்புதானங்கள் | |
|---|---|---|
| | இடது | வலது |
| | 6·5 | 11·5 |
| | 7 | |
| சராசரி | 6·75 | 11·5 |

$$R_2=\frac{6\cdot75+11\cdot5}{2}=\frac{18\cdot25}{2}=9\cdot13$$

நிலைத்தானம் 10·88-லிருந்து 9·13-க்குச் செல்லத் தேவையான எடை $=10$ மி.கி.

நிலைத்தானம் 10·88-லிருந்து 9·88-க்குச் செல்லத் தேவையான

$$\text{எடை} = \frac{10}{10{\cdot}88-9{\cdot}13} \times 10{\cdot}88-9{\cdot}88$$

$$= \frac{10}{1{\cdot}75} \times 1$$

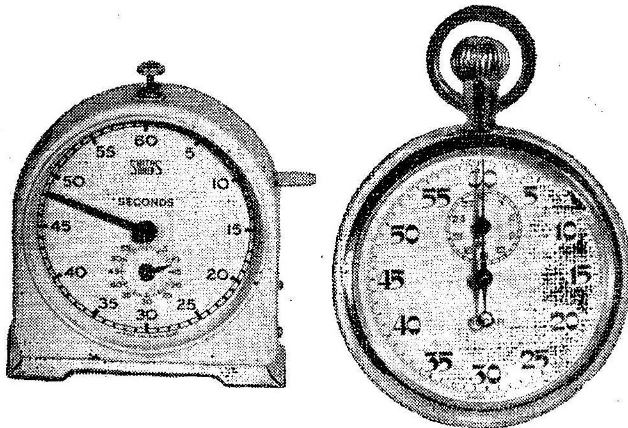
$=6$ மி.கி.

$=\cdot006$ கி.

$R_1$, $Ro$-வைவிட அதிகமாக இருப்பதால் பொருளின் சரியான நிறை $= 15{\cdot}67 + \cdot006 = 15{\cdot}676$ கிராம்.

## கால அளவு (Measurement of Time)

சோதனைச் சாலைகளில் வழக்கமாகக் காலத்தை நிறுத்து கடிகாரங்களின் (stop clocks) உதவியால் அளக்கிறோம். வழக்கமாக இரு வகைக் கடிகாரங்களைச் சோதனைச்சாலைகளில் காணலாம். ஒரு வகை மேஜைக் கடிகாரங்கள். இவை சாதாரண மேஜைக் கடிகாரங்களைப் போன்று இருக்கும். ஆனால், அதன்




படம் 1·10

பக்கவாட்டில் ஒரு கைப்பிடியும், உச்சியில் ஒரு குமிழும் இருக்கும். இதன் முகப்பில் வினாடி அளவுக்கூறுகள் 0 முதல் 60 வரை குறிக்கப்பட்டிருக்கும். இதில் ஒரு நீண்ட குறிமுள் இயங்கும். இது வினாடிமுள் எனப்படும். இதைத் தவிர

சிறிய குறிமுள் ஒன்று மற்றுமொரு சிறிய வட்ட அளவுகோலில் இயங்கும். இந்த அளவுகோலில் நிமிட அளவுக்கூறுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். கடிகாரத்தின் பக்கத்திலுள்ள கைப் பிடியைக் கீழ்நோக்கி அழுத்தினுல் கடிகாரம் இயங்கத் தொடங்கும். மேல்நோக்கி அழுத்தினுல் கடிகாரம் நின்றுவிடும். உச்சியில் உள்ள குமிழினை அழுத்தினுல் இரு முள்களும் சுழி நிலைக்குத் திரும்பிவிடும். இத்தகைய கடிகாரங்களில் காலத்தை விநாடிக்குத் திருத்தமாக நுட்பமாக அளக்கலாம்.

மற்ருெரு வகைக் கடிகாரங்கள் பைக்கடிகாரங்களைப் (pocket watches) போல் இருக்கும். இதன் முகப்பிலும் இரு வட்ட அளவுகோல்கள் இருக்கும். விநாடி அளவுகோலில் ஒவ்வொரு விநாடியும் 5 அல்லது 10 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப் பட்டிருக்கும். எனவே, இக் கடிகாரத்தில் 0·2 விநாடி அல்லது 0·1 விநாடிக்குத் திருத்தமாக அளக்கலாம். இதன் உச்சியிலுள்ள குமிழை ஒரு முறை அழுத்தினுல் கடிகாரம் இயங்க ஆரம்பிக்கும்; இரண்டாவது முறை அழுத்தினுல் கடிகாரம் நின்றுவிடும்; மூன்ருவது முறை அழுத்தினுல் இரு முள்களும் சுழிநிலைக்குத் திரும்பிவிடும்.

## விநுக்கள்

1. அடிப்படை அலகுகள், வழிவந்த அலகுகள் ஆகியவற்றை விளக்குக. நீளம், நிறை, காலம் ஆகியவற்றின் அலகுகளை வரையறுத்துக் கூறுக.

2. வெர்னியர் என்ருல் என்ன? வெர்னியரின் மீச் சிற்றளவையினை வரையறுத்துக் கூறுக.

வெர்னியர் காலிப்பரின் அமைப்பையும் அதனைக்கொண்டு ஓர் உருளையின் உருவ அளவுகளை எவ்வாறு அளப்பது என்பதையும் விவரித்துக் கூறுக.

3. திருகு அளவியின் புரியிடைத்தூரம், மீச்சிற்றளவை, தொடக்கப்பிழை ஆகியவற்றை விளக்குக.

திருகு அளவியின் அமைப்பையும் ஒரு கம்பியின் விட்டத்தை அளவிட அது எவ்வாறு பயன்படுகிறது என்பதையும் விவரித்து கூறுக.

4. கோளமானியின் படத்தை வரைந்து அதன் அமைப்பை விவரி. கண்ணாடித் தகட்டின் தடிப்பை அளக்க அது எவ்வாறு பயன்படுகிறது என்பதையும் விவரி.

5. பௌதிகத் தராசின் படத்தை வரைந்து அதன் அமைப்பை விவரி. பௌதிகத் தராசைக் கொண்டு ஒரு பொருளின் நிறையை மில்லிகிராமுக்குத் திருத்தமாகக் காண்பது எவ்வாறு ?

6. அரை மில்லிமீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்ட மூலக் கோல் ஒன்றுடன் உள்ள ஒரு வெர்னியரில் 49 மூலக்கோல் பகுதிகள் 50 வெர்னியர்கோல் பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவையினைக் கணக்கிடுக.

[·001 செ.மீ.]

7. அரை டிகிரி (degree)களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும் வட்ட அளவுகோலுடன் உள்ள வெர்னியரில் 29 மூலக்கோல் பகுதிகள் 30 பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவையினைக் காண்க.

[1 கலை (1 minute)]

8. மில்லிமீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மூலக் கோலின் உதவியால் 0·005 செ.மீ. மீச்சிற்றளவையுள்ள வெர்னியரை எவ்வாறு அமைப்பது ?

[19 மூ.கோ.ப.=20 வெ.கோ.ப.]

9. அரை மில்லிமீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மூலக்கோலின் உதவியால் 0·002 செ.மீ. மீச்சிற்றளவையுள்ள வெர்னியரை எவ்வாறு அமைப்பது ?

[24 மூ.கோ.ப.=25 வெ.கோ.ப.]

10. ஒரு திருகு அளவியில் புரியிடைத்தூரம் 1 மி.மீ.; தலைக்கோலில் 100 பகுதிகள் உள்ளன. அதன் தொடக்கப் பிழை (—8) பகுதிகள். ஒரு கண்ணாடித் தகட்டை திருகு அளவியால் பற்றியபோது தலைக்கோலின் விளிம்பு புரிக்கோலில் 1ஆவது, 2ஆவது பகுதிகளுக்கிடையில் இருந்தது. தலைக்கோலின் 32ஆவது பகுதி புரிக்கோலின் ஆதாரக்கோட்டிற்கு நேராக இருந்தது. கண்ணாடித் தகட்டின் தடிப்பைக் கணக்கிடுக.

[1·4 மி.மீ.]

11. ஒரு திருகு அளவியின் புரியிடைத்தூரம் 0·5 மி.மீ மீச்சிற்றளவை 0·01 மி.மீ. திருகு அளவியில் ஒரு கம்பிை வைத்துப் பற்றியபோது தலைக்கோலின் விளிம்பு புரி கோலில் 1ஆவது பகுதிக்கும் 2ஆவது பகுதிக்கு இடையிலும், தலைக்கோல் அளவீடு 48 பகுதிகளாகவு இருந்தன. திருகு அளவியின் தொடக்கப்பிழை (+6) பகுதி ளாயின் கம்பியின் விட்டத்தைக் கணக்கிடுக. [0·92 மி.மீ.

12. ஒரு பௌதிகத் தராசின் தட்டுகள் வெறுமைய யிருக்கும்போது அதன் திரும்புதானங்கள் 7, 11, 8; இடத் தட்டில் ஒரு பொருளையும் வலத் தட்டில் 18·68 கிராப் எடையையும் வைத்தபோது திரும்புதானங்கள் 5, 14,6; வலத் தட்டில் மேலும் 10 மி.கி. சேர்த்தபோது திரும்புதானங்கள் 4, 12, 5. பொருளின் எடையை மில்லிகிராமுக்குத் திருத்த மாகக் கணக்கிடுக. [18·683 கிராம்]

# 2. இயக்கவியல்

## (Dynamics)

இப் பகுதி திண்பொருள்களின் (body) இயக்கத்தைப் பற்றிக் கூறுவதாகும். நம்மைச் சுற்றிப் பலவித இயக்கங்களைக் காண்கிறோம். அவை இரு வகைப்படும். ஒன்று வாகனங்களின் இயக்கம் போன்ற கட்டுப்பாடுள்ள இயக்கம்; மற்றது காற்று, ஆற்று நீர் ஆகியவைகளின் இயக்கத்தைப் போன்ற கட்டுப்பாடற்ற இயக்கம். இப் பகுதியில் கட்டுப்பாடுள்ள இயக்கத்தைப் பற்றியே காண்போம். நாம் கையாளும் பலவகை எந்திரங்களைக் கட்டுப்படுத்த இயக்கவியல் அறிவு மிகவும் பயன்படுகிறது.

இப் பகுதியில் அடிக்கடி கூறப்படும் துகள் (particle) என்பதனை முதலில் வரையறுத்துக் கூறவேண்டும். பருப்பொருளின் (matter) மிகச் சிறிய பரிமாணங்களைக் கொண்ட ஒரு பகுதியே துகள் என்பது. இப் பகுதியைப் பொறுத்த வரை ஒரு புள்ளியே ஒரு துகளைக் குறிப்பதாகக் கொள்ளலாம். திண்பொருள் என்பது பருப்பொருளின் வரையறுக்கக்கூடிய பரிமாணங்களை உடைய ஒருபகுதியாகும். துகளின் இயக்கத்தைப்பற்றிய எல்லா விதிகளும் திண்பொருளின் இயக்கத்திற்கும் பொருந்தும்.

இயக்கம் என்பது என்ன? ஒரு துகள் தன் நிலையைத் தொடர்ந்து மாற்றிக்கொண்டே இருந்தால் அது இயங்குகிறது என்று கூறுகிறோம்.

ஓர் இயங்கும் துகளின் அடுத்தடுத்த நிலைகளை இணைக்கும் கோடு அத் துகளின் பாதையைக் குறிக்கும். நேரம் செல்லச் செல்ல, துகளின் ஆரம்ப நிலையிலிருந்து அதன் தொலைவு அதிகமாகிக் கொண்டே போகிறது.

ஓர் இயங்கும் துகள் ஒரு விநாடி நேரத்தில் கடக்கும் தொலைவு அதன் வேகம் எனப்படும்.

**சீரான வேகம்** (Uniform speed) : இயங்கும் துகள் சம கால அளவுகளில்—அக் கால அளவுகள் எவ்வளவு சிறியன வாயிருப்பினும்—சம தொலைவுகளைக் கடக்கும்போது அது சீரான வேகம் கொண்டது என்று கூறப்படும்.

**சராசரி வேகம்** (Average speed) : ஒரு துகளின் வேகம் மாறிக்கொண்டேயிருக்குமாயின் ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் அது கடந்த மொத்தத் தொலைவை, அக் கால அளவால் வகுத்துக் கிடைப்பது சராசரி வேகமாகும்.

$$\text{அதாவது, சராசரி வேகம்} = \frac{\text{மொத்தத் தொலைவு}}{\text{காலம்}}$$

சராசரி வேகத்தைப் பின் வருமாறு வரையறுக்கலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் ஒரு துகளின் சராசரி வேகம் என்பது அக் கால அளவில் அது கடந்த மொத்தத் தொலைவைக் கடப்பதற்கு அது பெற்றிருக்க வேண்டிய சீரான வேகமாகும்.

**வேகத்தின் அலகுகள் :** மெட்ரிக் முறையில் தொலைவின் அலகு சென்டி மீட்டர் (செ.மீ.); பிரிட்டன் முறையில் அடி. இரு முறைகளிலும் காலத்தின் அலகு விநாடி. எனவே, வேகத்தின் அலகு

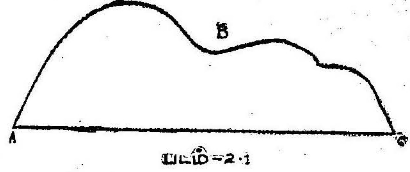
| | |
|---|---|
| மெட்ரிக் முறையில் : | செ.மீ./விநாடி |
| நடை முறையில் : | கி.மீட்டர்/மணி |
| பிரிட்டன் முறையில் : | அடி/விநாடி |
| நடை முறையில் : | மைல்/மணி |

**இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம்** (Displacement, Velocity)

தொலைவு, வேகம் ஆகிய இரு சொற்களும் நாம் அன்றாட வாழ்க்கையில் கையாண்டு வருவனவாகும். இப் பகுதியில் இவற்றையன்றிச் சற்றே வேறுபட்ட இடப் பெயர்ச்சி, திசை வேகம் ஆகிய இரு சொற்களையும் பயன்படுத்துகிறோம்.

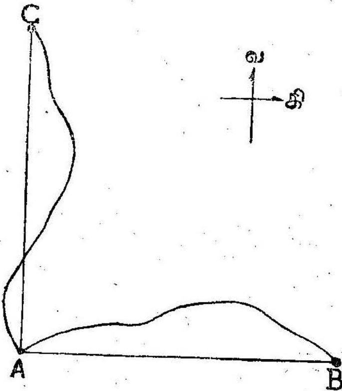
ஓர் இயங்கும் துகள் கடந்த தொலைவு என்பது அது செல்லும் பாதை வழியே—அது எத் திசையில் சென்றாலும்—

அளவிடப்படுவதாகும். இடப் பெயர்ச்சி என்பது அத் துகளின் தொடக்க நிலைக்கும் இறுதி நிலைக்கும் ஒரே திசையில், அதாவது ஒரே நேர்கோட்டில் உள்ள தொலைவு ஆகும். காட்டாக, படம் 2·1-ல் $A$ என்பது துகளின் தொடக்க நிலை; $C$ என்பது இறுதி நிலை; $ABC$ என்பது அது சென்ற பாதை. அப்பாதை வழியே அளவிடப்பட்ட தொலைவு ($ABC$) அது கடந்த தொலைவு ஆகும். $A$-க்கும் $C$-க்கும் நேர் கோட்டில் உள்ள தொலைவு ($AC$) அதன் இடப் பெயர்ச்சி ஆகும்.



படம்—2·1

ஒரு துகளின் இடப்பெயர்ச்சி என்பது அதன் தொடக்க நிலைக்கும் இறுதி நிலைக்கும் உள்ள நேர் கோட்டுத் தொலைவு ஆதலால், அதன் இறுதிநிலை மாறும்போது இடப்பெயர்ச்சியும் மாறும். இப்பொழுது $A$ என்ற ஒரு புள்ளியிலிருந்து ஒரு துகள் கீழ்த்திசையில் 10 மீட்டர் தொலைவையும் மற்றொரு துகள் வட திசையில் 10மீட்டர் தொலைவையும் கடப்பதாகக் கொள்வோம் அவற்றின் இறுதி நிலைகளை முறையே $B$, $C$ எனக் குறிப்பதாகக் கொள்வோம் [படம் 2·2]. அவை கடந்த நேர் கோட்டுத் தொலைவுகள் ஒரே அளவாயிருப்பினும் அவற்றின் இறுதி நிலைகள் மாறுபடுவதைக் காணலாம். எனவே அவற்றின் இடப் பெயர்ச்சிகளும் வேறுபடுகின்றன. இந்த இரு இடப் பெயர்ச்சிகளையும் வேறுபடுத்திக் காட்டும் பண்பு திசைப் பண்பு ஒன்றேயாகும். எனவே இடப்பெயர்ச்சியைப் பற்றிய முழுக் கருத்தையும் பெறவேண்டுமாயின் திசையையும் குறிப்பிட வேண்டும். அதாவது இடப் பெயர்ச்சிக்கு எண் மதிப்பு (10 மீட்டர்), திசை (கிழக்கு அல்லது வடக்கு) ஆகிய இரு பண்புகளும் உண்டு. ஆனால், தொலைவைப் பொறுத்த வரை நேர் கோட்டில் அல்லது துகளின் பாதை வழியே அளவிடப்படுவதால் அதனைக் குறிப்பிட எண் மதிப்பு மட்டும் போதுமானது.



படம் 2.2

**வெக்டர்களும்** (Vectors) **ஸ்கேலார்களும்** (Scalars) **:** எண் மதிப்பு, திசை ஆகிய இரண்டும் பெற்ற இடப் பெயர்ச்சி போன்ற திசை சார்ந்த அளவுகள் வெக்டர்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. எண் மதிப்பு மட்டும் கொண்ட தொலைவு போன்ற திசை சாரா அளவுகள் ஸ்கேலார்கள் என அழைக்கப் படுகின்றன. ஸ்கேலார்களாகிய திசை சாரா அளவுகளின் வேறு சில எடுத்துக்காட்டுகள் அடர்த்தி, வெப்ப எண் (specific heat) முதலியவையாகும். வெக்டர்களின் வேறு சிலவற்றை இப் பகுதியிலேயே காணலாம்.

ஓர் இயங்கும் துகள் ஒரு வினாடி நேரத்தில் பெறும் இடப் பெயர்ச்சி அதன் திசை வேகம் எனப்படும்.

**சீரான திசை வேகம்** (Uniform Velocity) **:** இயங்கும் துகள் சமகால அளவுகளில்—அக் கால அளவுகள் எவ்வளவு சிறியனவாயிருப்பினும்—சம இடப் பெயர்ச்சிகளைப் பெற்றிருப்பின் அது சீரான திசை வேகத்தைக் கொண்டது என்று கூறப்படும்.

அதாவது, இயங்கும் துகள் ஒரே நேர் கோட்டில் சென்று சம கால அளவுகளில்—அக் கால அளவுகள் எவ்வளவு சிறியனவாயிருப்பினும்—சம தொலைவுகளைக் கடக்கும்போது சீரான திசை வேகத்தைப் பெறுகிறது.

**சராசரித் திசை வேகம்** (Average Velocity) **:** ஒரு துகளின் திசை வேகம் மாறிக்கொண்டே இருக்குமாயின் ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் அது பெறும் இடப் பெயர்ச்சியை அக் கால அளவால் வகுக்கக் கிடைப்பது அதன் சராசரித் திசை வேகமாகும்.

$$\text{சராசரித் திசை வேகம்} = \frac{\text{மொத்த இடப் பெயர்ச்சி}}{\text{காலம்}}$$

சராசரித் திசை வேகத்தைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்:

ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் ஒரு துகளின் சராசரித் திசைவேகம் என்பது அக்கால அளவில் அது பெற்ற மொத்த இடப் பெயர்ச்சியைப் பெறுவதற்கு அது பெற்றிருக்க வேண்டிய சீரான திசை வேகமாகும்.

**திசை வேகத்தின் அலகுகள் :** இடப் பெயர்ச்சியையும் தொலைவின் அலகுகளைக் கொண்டே அளவிடுவதால் திசை வேகத்தின் அலகுகளும் வேகத்தின் அலகுகளும் ஒன்றே.

எனவே, திசை வேகத்தின் அலகுகள்:

மெட்ரிக் முறை : செ.மீ./வினாடி

பிரிட்டன் முறை : அடி/வினாடி

**வேகமும் திசை வேகமும் :** இவையிரண்டிற்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் பின் வருமாறு :

| | வேகம் | திசை வேகம் |
|---|---|---|
| 1. | துகளின் வேகம் ஒரு வினாடி நேரத்தில் அது கடக்கும் தொலைவு | துகளின் திசை வேகம் ஒரு வினாடி நேரத்தில் அது பெறும் இடப் பெயர்ச்சி |
| 2. | வேகம் அதன் எண் மதிப்பால் மட்டும் குறிக்கப்படும் | திசை வேகம் எண் மதிப்பு, திசை இரண்டினாலும் குறிக்கப்படும் |
| 3. | வேகம் திசைசாரா அளவாகிய ஸ்கேலார் அளவு | திசை வேகம் திசை சார்ந்த அளவாகிய வெக்டர் அளவு |

**முடுக்கம்** (Acceleration)

ஒரு பொருளின் திசைவேகம் மாறும்போது அது முடுக்கம் பெறுகிறது எனக் கூறப்படும்.

துகளின் முடுக்கம் என்பது ஒரு வினாடி நேரத்தில் அதன் திசை வேகத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு ஆகும்.

***சீரான முடுக்கம்*** (Uniform Acceleration) **:** ஓர் இயங்கும் துகளின் திசை வேகம் சம கால அளவுகளில்—அக் கால அளவுகள் எவ்வளவு சிறியனவாயிருப்பினும்—சம அளவு மாறுபடுமாயின் அத் துகள் சீரான முடுக்கத்தைக் கொண்டுள்ளது என்று கூறப்படும்.

துகளின் திசை வேகம் அதிகமாகும்போது அது முடுக்கம் கொண்டுள்ளது என்றும், திசை வேகம் குறையும்போது எதிர் முடுக்கம் அல்லது ஒடுக்கம் (retardation) கொண்டுள்ளது என்றும் கூறுகிறோம். முடுக்கத்தை நேர்க்குறியுடையதாகவும், எதிர் முடுக்கத்தை எதிர்க்குறியுடையதாகவும் கொள்ளுதல் மரபு.

அதாவது, எதிர் முடுக்கம் = – முடுக்கம் (negative acceleration).

ஒரு துகளின் திசை வேகம் தொடக்கத்தில் $u$ ஆகவும், $t$ விநாடிகளுக்குப் பிறகு $v$ ஆகவும் இருக்கட்டும்.

அதன் திசை வேக மாறுபாடு $= v-u$
எடுத்துக்கொண்ட காலம் $= t$ விநாடிகள்

துகளின் முடுக்கம் $(a) = \dfrac{\text{திசை வேக மாறுபாடு}}{\text{காலம்}} = \dfrac{v-u}{t}$

அதாவது, $a = \dfrac{v-u}{t}$ ……………… [ச. 2·1]

திசை வேகம் ஒரு வெக்டர் ஆதலால் முடுக்கமும் ஒரு வெக்டராகும்.

அலகுகள் : மெட்ரிக் முறையில் திசைவேக மாறுபாட்டின் அலகு செ.மீ./விநாடி; பிரிட்டன் முறையில் அடி/விநாடி.

எனவே, முடுக்கத்தின் அலகுகள்

மெட்ரிக் முறை : $\dfrac{\text{செ.மீ./விநாடி}}{\text{விநாடி}} = \text{செ.மீ./விநாடி}^2$

பிரிட்டன் முறை : $\dfrac{\text{அடி/விநாடி}}{\text{விநாடி}} = \text{அடி/விநாடி}^2$

முடுக்கத்தின் அலகில் கால அளவின் இருமடி (square) இடம் பெறுவது குறிப்பிடத் தக்கது.

**இயக்கம் பற்றிய சமன்பாடுகள்** (Equations of Motion)

இச் சமன்பாடுகள் சீரான முடுக்கத்துடன் செல்லும் துகள் ஒன்றின் தொடக்கத் திசை வேகம் ($u$), இறுதித் திசை வேகம் ($v$), திசைவேக மாறுபாட்டுக்கு எடுத்துக் கொண்ட கால அளவு ($t$), முடுக்கம் ($a$), இடப் பெயர்ச்சி ($s$) ஆகியவற்றிற்கு இடையேயுள்ள வெவ்வேறு தொடர்புகளைக் கொடுக்கின்றன.

**முதற் சமன்பாடு :** $v = u + at$

சீரான முடுக்கத்துடன் ($a$) ஒரே நேர் கோட்டில் செல்லும் ஒரு துகளை எடுத்துக் கொள்வோம். அதன் திசை வேகம் தொடக்கத்தில் $u$ ஆகவும், $t$ விநாடிகளின் இறுதியில் $v$ ஆகவும் இருக்கட்டும்.

முடுக்கம் என்பது ஒரு விநாடி கால அளவில் திசை வேகத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு.

எனவே, திசை வேகத்தில் மாறுபாடு $= v-u$

எடுத்துக் கொண்ட காலம் $= t$ விநாடிகள்

$\therefore$ முடுக்கம் $(a) = \frac{v-u}{t}$

அல்லது $v-u = at$

அதாவது, $v = u+at$ ...[ச.2.2]

மற்றொரு முறை

தொடக்கத் திசை வேகம் $= u$

ஒரு விநாடி முடிவில் திசை வேகம் $= u+a$

2 விநாடிகள் முடிவில் திசை வேகம் $= u+2a$

3 விநாடிகள் முடிவில் திசை வேகம் $= u+3a$

.................................................................

$t$ விநாடிகள் முடிவில் திசை வேகம் $(v) = u+at$

$\therefore v = u+at.$

இரண்டாவது சமன்பாடு: $s = ut+\frac{1}{2}at^2$

ஒரு துகள் '$u$' என்ற திசை வேகத்துடன் தொடங்கி '$a$' என்ற சீரான முடுக்கத்துடன் ஒரு நேர்கோட்டில் $t$ விநாடிகள் செல்வதாகக் கொள்வோம். $t$ விநாடிகளின் இறுதியில் அதன் இடப் பெயர்ச்சி $s$ ஆக இருக்கட்டும்.

முடுக்கம் சீரானதால் திசை வேகம் ஒரே சீராக மாறுபடும். ஆகவே, தொடக்கத் திசை வேகம், இறுதித் திசை வேகம் ஆகியவற்றின் சராசரி மதிப்பை சராசரித் திசைவேகமாகக் கொள்ளலாம்.

அதாவது, சராசரித் திசை வேகம் $= \frac{u+v}{2}$

ஆனால், சராசரித் திசை வேகம் $= \frac{\text{மொத்த இடப் பெயர்ச்சி}}{\text{காலம்}}$

$= \frac{s}{t}$

$\therefore \quad \frac{s}{t} = \frac{u+v}{2}$

அதாவது, $s = \frac{u+v}{2} \times t.$

ஆனால், $v = u+at$

எனவே, $s = \frac{u+(u+at)}{2} \times t$

$= \left(u+\frac{at}{2}\right)t$

$s = ut+\frac{1}{2}at^2$ ..................[ச.2.3]

**மூன்றாவது சமன்பாடு:** $v^2=u^2+2as$

ஒரு துகள் '$u$' என்ற திசை வேகத்துடன் தொடங்கி, '$a$' என்ற சீரான முடுக்கத்துடன் ஒரே நேர்கோட்டில் $t$ விநாடிகள் செல்வதாகக் கொள்வோம். $t$ விநாடிகளின் முடிவில் அதன் இடப்பெயர்ச்சி $s$ ஆகவும், திசைவேகம் $v$ ஆகவும் இருக்கட்டும்.

முடுக்கத்திற்கான வரையறையின்படி $a = \frac{v-u}{t}$ [ச.2·1]

முடுக்கம் சீரானதாக இருப்பதால்

இடப்பெயர்ச்சி $s = \frac{v+u}{2} \times t$

மேற்கண்ட இரு சமன்பாடுகளையும் பெருக்கினால்

$$as = \frac{v-u}{t} \times \frac{v+u}{2} \times t$$

$$= \frac{v^2-u^2}{2}$$

எனவே, $v^2-u^2=2as$ ......................[ச.2·4]

**ஒரு குறிப்பிட்ட விநாடியில் ஒரு துகள் பெறும் இடப் பெயர்ச்சி**

$s=ut+\frac{1}{2}at^2$ என்ற சமன்பாடு ஒரு துகள் $t$ விநாடிகளின் இறுதியில் பெறும் மொத்த இடப்பெயர்ச்சியைத் தருகிறது. இனி $t$ ஆவது விநாடியில் அது பெறும் இடப்பெயர்ச்சியைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

ஒரு துகள் $u$ என்ற தொடக்கத் திசை வேகத்துடன் தொடங்கி, $a$ என்ற சீரான முடுக்கத்துடன் ஒரு நேர்கோட்டில் செல்வதாகக் கொள்வோம். அதன் இடப்பெயர்ச்சி $t$ விநாடி களின் இறுதியில் $s$ ஆகவும், $(t-1)$ விநாடிகளின் இறுதியில் $s'$ ஆகவும், $t$ ஆவது விநாடியில் $s_t$ ஆகவும் இருக்கட்டும்.

$t$ ஆவது விநாடியில் இடப்பெயர்ச்சி $(s_t)$ = $t$ விநாடிகளின் இறுதியில் மொத்த இடப்பெயர்ச்சி $-(t-1)$ விநாடிகளின் இறுதியில் மொத்த இடப்பெயர்ச்சி. அதாவது,

$$s_t=s-s'$$

ஆனால், $s=ut+\frac{1}{2}at^2$

$s'=u(t-1)+\frac{1}{2}a(t-1)^2$

$$s_t=s-s'$$

$$=ut+\frac{1}{2}at^2-u(t-1)-\frac{1}{2}a(t-1)^2$$

$$=u+at-\frac{1}{2}a$$

எனவே, $s_t=u+a(t-\frac{1}{2})$ ......................[ச.2·5]

அல்லது, $s_t=u+\frac{a}{2}(2t-1)$

### மாதிரிக் கணக்குகள்

*1.* நேர் கோட்டில் இயங்கும் துகள் ஒன்று விநாடிக்கு 2 அடி வேகத்தில் தொடங்கி 6 விநாடிகளில் 102 அடி தொலைவைக் கடக்கிறது. (a) அதன் முடுக்கம், (b) ஐந்து விநாடிகளின் இறுதியில் அதன் வேகம், (c) 14 அடி தொலைவுக்குப் பின் அதன் வேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

**விடை:** (a) $u=2'$/விநாடி; $s=102'$, $t=6$ விநாடிகள். $a=?$

$s=ut+\frac{1}{2}at^2$

$102=2\times6+\frac{1}{2}a\times6\times6$

$102=12+18a$

$18a=90$

$a=5'$/விநாடி$^2$

முடுக்கம் $=5'$/விநாடி$^2$

(b) $u=2'$/விநாடி, $t=5$ விநாடிகள்;

$a=5'$/விநாடி$^2$; $v=?$

$v=u+at$

$=2+5\times5$

$v=27'$/விநாடி

5 விநாடிகளின் இறுதியில் அதன் வேகம் $27'$/விநாடி.

(c) $u=2'$/விநாடி; $s=14'$; $a=5'$/விநாடி$^2$; $v=?$

$v^2=u^2+2as$

$v^2=2^2+2\times5\times14$

$=144$

$v=12'$/விநாடி

14 அடி தொலைவுக்குப் பின் அதன் வேகம் $12'$/விநாடி.

2. மணிக்கு 30 மைல் வேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒரு ரயில் வண்டியின் வேகம் $\frac{1}{2}$ நிமிட நேரத்தில் 45 மைலாக மாறுகிறது. அதன் முடுக்கத்தையும், அம்முடுக்கம் சீரானதாகக் கருதி ரயில் வண்டி $\frac{1}{2}$ நிமிட நேரத்தில் கடந்த தொலைவையும் கணக்கிடுக.

**விடை:** (i) $u=30$ மைல்/மணி $=44'$/விநாடி; $v=45$மைல்/மணி $=66'$/விநாடி; $t=\frac{1}{2}$ நிமிடம் $=30$ விநாடிகள்; $a=?$

$v=u+at$

$66=44+a\times30$

$30a=66-44$

$a=\frac{22}{30}$

$=\frac{11}{15}'$/விநாடி$^2$

முடுக்கம் $=\frac{11}{15}'$/விநாடி$^2$

(ii) $u=44'$/விஞடி; $t=30$ விஞடி;
$a=\frac{11}{15}'$/விஞடி$^2$; $s=?$
$s=ut+\frac{1}{2}at^2$
$=44\times30+\frac{1}{2}\times\frac{11}{15}\times30\times30$
$s=1,650'$

எனவே, $\frac{1}{2}$ நிமிட நேரத்தில் ரயில் கடந்த தொலைவு $=1,650'$.

3. மணிக்கு 75 மைல் வேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒரு ரயில் 55 விஞடிகளில் நிறுத்தப்படுகிறது. அதன் எதிர் முடுக்கம், அது நிற்குமுன் கடந்த தொலைவு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

**விடை:** (i) $u=75$ மைல்/மணி$=110'$/விஞடி; $v=o$;
$t=55$ விஞடிகள்; $a=?$
$v=u+at$
$o=110+a\times55$
$\therefore\ 55a=-110$
$a=-2'$/விஞடி$^2$

எதிர் முடுக்கம்$=2'$/விஞடி

(ii) $u=110'$/விஞடி; $v=o$; $a=-2'$/விஞடி$^2$; $s=?$
$v^2=u^2+2as$
$o=110-2\times2\times s$
$4s=110\times110$
$s=3,025'$.

நிற்குமுன் அது கடந்த தொலைவு $=3,025'$.

**விஞக்கள்**

1. வேகம், திசை வேகம், முடுக்கம் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக. வேகம், திசை வேகம் ஆகியவற்றை வேறுபடுத்திக் காட்டுக.

$s=ut+\frac{1}{2}at^2$ என்ற சமன்பாட்டைப் பெறுக.

2. சீரான திசை வேகம், சீர் முடுக்கம் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக.

$v^2=u^2+2as$ என்ற சமன்பாட்டைப் பெறுக.

3. மணிக்கு 15 மைல் வேகத்தில் செல்லும் ஒரு ரயில் வண்டி அதன் வேகத்தை $\frac{1}{2}$ நிமிட நேரத்தில் மணிக்கு 45 மைலுக்கு மாற்றுகிறது. அதன் முடுக்கத்தையும் $\frac{1}{2}$ நிமிட நேரத்தில் அது கடந்த தொலைவையும் கணக்கிடுக.

[$\frac{22}{15}'$/விஞடி$^2$; 1,320 அடி]

4. மணிக்கு 20 கிலோ மீட்டர்கள் வீதம் சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு கார் அதன் வேகத்தை $\frac{1}{4}$ கிலோ மீட்டர் இடைவெளியில் மணிக்கு 30 கிலோ மீட்டருக்கு மாற்றுகிறது. அதன் முடுக்கத்தையும் வேக மாறுதலுக்கு எடுத்துக்கொண்ட நேரத்தையும் கணக்கிடுக.

[1,000 கிலோ மீட்டர்/மணி$^2$; 36 விநாடிகள்]

5. ஒரு பொருளின் வேகம் விநாடிக்கு 200 செ.மீ.-லிருந்து 75 செ.மீ.-க்கு 10 விநாடிகளில் மாறுகிறது. எதிர் முடுக்கத்தையும் 10 விநாடிகளில் அது கடந்த தொலைவையும் கணக்கிடுக.

[12·5 செ.மீ./விநாடி$^2$; 1,375 செ.மீ.]

6. நின்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு கார் நகரத் தொடங்கி 1 நிமிட நேரத்தில் மணிக்கு 45 மைல் வேகத்தை அடைகிறது. அதன் முடுக்கத்தையும், அந்த நேரத்தில் அது கடந்த தொலைவையும் கணக்கிடுக.

[$\frac{11}{10}'$/விநாடி$^2$; 1,980 அடி]

7. மணிக்கு 50 கிலோ மீட்டர் வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு ரயில் வண்டி 1·25 கிலோமீட்டர் தொலைவில் நிறுத்தப்படுகிறது. எதிர் முடுக்கத்தையும் அது நிற்பதற்கு எடுத்துக் கொண்ட நேரத்தையும் கணக்கிடுக.

[1,000 கி.மீ./விநாடி; 3 நிமிடம்]

8. நின்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு ரயில் 4'/விநாடி$^2$ முடுக்கத்துடன் நகரத் தொடங்குகிறது. அது மணிக்கு 30 மைல் வேகத்தைப் பெறுவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தையும், அதற்குள் கடக்கும் தொலைவையும் கணக்கிடுக.

[10 விநாடி; 200 அடி]

9. அமைதி நிலையிலுள்ள ஒரு பொருள் நகரத் தொடங்கி 6 ஆவது விநாடியில் 33 அடி தொலைவைக் கடக்கிறது. அதன் முடுக்கத்தைக் கணக்கிடுக. [6 அடி/விநாடி]

10. சீர் முடுக்கத்துடன் சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு பொருள் 3ஆவது விநாடியிலும், 8ஆவது விநாடியிலும் முறையே 75 செ.மீ., 150 செ.மீ. தொலைவுகளைக் கடக்கிறது. அதன் தொடக்கத் திசை வேகத்தையும், முடுக்கத்தையும் கணக்கிடுக.

[15 செ.மீ./விநாடி; 37·5 செ.மீ./விநாடி$^2$]

## புவியீர்ப்பு விசையால் ஏற்படும் இயக்கம்
(Motion Under Gravity)

உயரத்திலிருந்து ஒரு பொருள் தானே (freely) விழும் போது அது ஒரு முடுக்கத்தைப் பெறுகிறது. இந்த முடுக்கம் புவியீர்ப்பு விசையினால் நிகழ்கிறது. அதாவது, அப் பொருளை பூமி அதன் மையத்தை நோக்கி ஈர்ப்பதால் ஏற்படுவதாகும். எனவே, அந்த முடுக்கத்தை, புவியீர்ப்பு விசையால் ஏற்படும் முடுக்கம் அல்லது ஈர்ப்பு முடுக்கம் என்று கூறுகிறோம். அது '$g$' என்னும் குறியீட்டால் குறிப்பிடப்படுகிறது. பொதுவாக, அதன் மதிப்பை மெட்ரிக் முறையில் 980 செ.மீ./விநாடி$^2$ என்றும், பிரிட்டன் முறையில் 32 அடி/விநாடி$^2$ என்றும் கொள்கிறோம். ஆனால், அதன் மதிப்பு புவியின் மேற்பரப்பில் இடத்திற்கு இடம் மாறுபடுகிறது; துருவங்களில் பெரும (maximum) மதிப்பையும் (சுமார் 983 செ.மீ./விநாடி$^2$), நில நடுக்கோட்டுப் பகுதிகளில் (equatorial regions) சிறும (minimum) மதிப்பையும் (சுமார் 978 செ.மீ./விநாடி$^2$) கொண்டுள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் அதன் மதிப்பு எல்லா பொருள்களுக்கும் ஒரே அளவாயும் சீராகவும் உள்ளது. மேலும், நில மேற்பரப்பினின்று மேலே சென்றாலும் அல்லது கீழே சென்றாலும் அதன் மதிப்பு மிகச் சிறிய அளவில் குறைகிறது.

ஈர்ப்பு முடுக்கம் சீரானதாக இருப்பதால் முற்பகுதியில் கண்ட எல்லாச் சமன்பாடுகளும் புவியீர்ப்பு விசையால் ஏற்படும் இயக்கத்திற்கும் பொருந்தும்.

ஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் மதிப்பைச் சோதனைச்சாலைகளில் ஒரு தனி ஊசலின் உதவியால் கண்டுபிடிக்கலாம். அதைப் பற்றி அடுத்த பகுதியில் காண்போம்.

### மாதிரிக் கணக்குகள்

1. நிலமட்டத்திலிருந்து ஒரு பொருள் மேல்நோக்கி எறியப்படுகிறது. (*a*) அது திரும்பவும் நிலமட்டத்தை அடையும் போது அதன் வேகம் அது எறியப்பட்ட வேகத்திற்குச் சமம்; (*b*) அதன் மேல்நோக்கிய பயணத்திற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரமும் கீழ்நோக்கிய பயணத்திற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரமும் சமம் என்று காட்டுக.

**விடை :** (*a*) பொருள் $u$ என்ற தொடக்க வேகத்துடன் மேல்நோக்கி எறியப்படுவதாகக் கொள்வோம். அது புவி ஈர்ப்பு விசையை எதிர்த்துச் செல்வதால், ஈர்ப்பு முடுக்கத்

திற்குச் ($g$) சமமான எதிர்முடுக்கத்தைப் பெறுகிறது. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் அதன் வேகம் சுழியாக இருக்கும். அது செல்லும் பெரும உயரம் $h$ எனக் கொள்வோம்.

(a) தொடக்க வேகம் $(u) = u$
இறுதி வேகம் $(v) = o$
முடுக்கம் $(a) = -g$
கடந்த தொலைவு (உயரம்) $(s) = h$

$$\therefore \quad o^2 = u^2 - 2gh$$

அல்லது, $u^2 = 2gh$

$$u = \sqrt{2gh}.$$

மேலும், $h = \frac{u^2}{2g}$ ......................(A)

அடுத்து, பொருள் தானே கீழ் நோக்கி விழும்

பெரும உயரத்தில் தொடக்க வேகம் $(u) = o$
முடுக்கம் (புவியீர்ப்பு விசையால் ஏற்படுவது) $(a) = g$
கடக்கும் தொலைவு (உயரம்) $(s) = h$
நிலமட்டத்தில் அதன் இறுதி வேகம் $(v) = ?$

$$v^2 = o + 2gh$$
$$v = \sqrt{2gh} = u.$$

எனவே, நிலமட்டத்தைத் திரும்பவும் அடையும்போது அதன் வேகம் அது எறியப்பட்ட வேகத்திற்குச் சமம்.

(b) மேல் நோக்கிய பயணம் :

தொடக்க வேகம் (எறியப்பட்ட வேகம்) $(u) = u$
பெரும உயரத்தில் இறுதி வேகம் $(v) = v$
முடுக்கம் $(a) = -g$
எடுத்துக்கொண்ட நேரம் $(t_1) = ?$

$$v = u + at$$
$$o = u - gt_1$$
$$t_1 = \frac{u}{g}$$

கீழ் நோக்கிய பயணம் :

தொடக்க வேகம் (பெரும உயரத்தில்) $(u) = o$

நிலமட்டம் வரை பொருள் கடந்த உயரம் $(s) = h = \frac{u^2}{2g}$ [A]

முடுக்கம், புவியீர்ப்பு விசையால் ஏற்படுவது $(a) = g$

எடுத்துக்கொண்ட நேரம் $(t_2) = ?$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$\frac{u^2}{2g} = 0 + \frac{1}{2}g{t_2}^2$$

$${t_2}^2 = \frac{u^2}{g^2}$$

$$t_2 = \frac{u}{g} = t_1$$

எனவே, மேல்நோக்கிய பயணத்திற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும், கீழ்நோக்கிய பயணத்திற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும் சமம்.

2. 490 மீட்டர் உயரமுள்ள ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து ஒரு பொருள் தானே விழுகிறது. அப் பொருள் நில மட்டத்தையடைய எடுத்துக்கொண்ட நேரத்தையும் நில மட்டத்தில் அதன் வேகத்தையும் கணக்கிடுக. ($g = 980$ செ.மீ./விநாடி$^2$)

**விடை :** (i) பொருள் தானே விழுவதால் அதன் தொடக்க வேகம் $(u) = 0$

$a = g = 980$ செ. மீ./விநாடி$^2$; $s = h = 490$ மீட்டர் $= 49{,}000$ செ.மீ.

$$t = ?$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$49{,}000 = 0 + \frac{1}{2} \times 980 \times t^2$$

$$t^2 = 100$$

$$t = 10$$

∴ எடுத்துக்கொண்ட நேரம் = 10 விநாடிகள்.

(ii) $u = 0$; $a = 980$ செ.மீ./விநாடி$^2$; $h = 49{,}000$ செ.மீ.; $v = ?$

$$v^2 = 0 + 2 \times 980 \times 49{,}000$$

$$= 980 \times 980 \times 100$$

$$v = 9{,}800 \text{ செ.மீ./விநாடி}$$

எனவே, நிலமட்டத்தில் வேகம் = 9,800 செ.மீ./விநாடி.

3. 80 அடி உயரமுள்ள ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து விநாடிக்கு 64 அடி வேகத்துடன் ஒரு பொருள் மேல்நோக்கி எறியப்படுகிறது. அது செல்லும் பெரும உயரத்தையும் நில மட்டத்தை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தையும் கணக்கிடுக. ($g = 32'$/விநாடி$^2$)

விடை : (i) $u = 64'$/விஞடி

$a = -g = -32'$/விஞடி$^2$ (மேல்நோக்கி எறியப்படுவதால்)

$v = o$ (பெரும உயரத்தில்)

$s = h$ (பெரும உயரம்)

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$o = 64 \times 64 - 2 \times 32 \times s$$

$$64s = 64 \times 64$$

$$s = 64'$$

எனவே, பெரும உயரம் கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து $64'$.

(ii) இங்கு தொடக்க வேகத் திசையிலுள்ள அளவுகளை நேர்க் குறியுடையனவாகவும், அதற்கு எதிர்த் திசையிலுள்ள அளவுகளை எதிர்க் குறியுடையனவாகவும் கொள்வது மரபு. பொருள் மேல்நோக்கி எறியப்படுவதால்

$u = 64'$/விஞடி

$a = -g = -32'$/விஞடி$^2$

$s = -h = -80'$

$t = ?$

$$-80 = 64\,t - \tfrac{1}{2} \times 32\,t^2$$

அல்லது, $t^2 - 4t + 5 = 0$.

அதாவது, $(t+1)(t-5) = 0$

எனவே, $(t+1) = 0$ ; $t = -1$

$(t-5) = 0$ ; $t = 5$

$t = -1$ ஆக இருக்க முடியாதாகையால், $t = 5$.

ஆகவே, பொருள் நிலமட்டத்தையடைய எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் = 5 விஞடிகள்.

## விஞக்கள்

1. ஈர்ப்பு முடுக்கம் என்ருல் என்ன?

2. 1,024 அடி உயரமுள்ள ஒரு குன்றின் உச்சியிலிருந்து போடப்படும் ஒரு பொருள் குன்றின் அடியை அடைவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் கணக்கிடுக. [8 விஞடிகள்]

3. ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து போடப்படும் ஒரு பொருள் கோபுரத்தின் அடியை அடைவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் 4 விஞடிகளாஞல், கோபுரத்தின் உயரத்தைக் கணக்கிடுக. [256 அடி]

4. ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து போடப்பட்ட ஒரு கல் கடைசி விநாடியில் 144 அடி தொலைவைக் கடக்கிறது. அது தரைமட்டத்தை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தையும் கோபுரத்தின் உயரத்தையும் கணக்கிடுக.

[5 விநாடி ; 200 அடி]

5. நிலமட்டத்திலிருந்து விநாடிக்கு 96 அடி வேகத்தில் ஒரு கல் மேல்நோக்கி எறியப்படுகிறது. அது அடையும் பெரும உயரம், திரும்பவும் நிலமட்டத்தை அடையும்போது அதன் வேகம், அது காற்றில் இருந்த நேரம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. [144 அடி, 96 அடி/விநாடி ; 6 விநாடி]

6. 60 அடி உயரமுள்ள ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியிலிருந்து விநாடிக்கு 112 அடி வேகத்துடன் ஒரு கல் மேல் நோக்கி எறியப்படுகிறது. நிலமட்டத்திலிருந்து அது அடையும் பெரும உயரம், நிலமட்டத்தை அடையும்போது அதன் வேகம், நிலமட்டத்தை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[196 அடி; 128 அடி/விநாடி; 7·5 விநாடி]

7. தானே விழும் ஒரு பொருள் 3ஆவது விநாடியில் கடக்கும் தொலைவைக் கணக்கிடுக. ($g$ = 980 செ.மீ./விநாடி$^2$)

[24·5 மீட்டர்]

8. 1·96 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் மணிக்கு 180 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் கிடைத்தளத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் விமானம் ஒன்றிலிருந்து போடப்பட்ட குண்டு நிலமட்டத்தை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தையும் கிடைத்தளத்தில் குண்டு கடந்த தொலைவையும் கணக்கிடுக. ($g$=980 செ.மீ/விநாடி$^2$) [20 விநாடிகள்; 1 கிலோமீட்டர்]

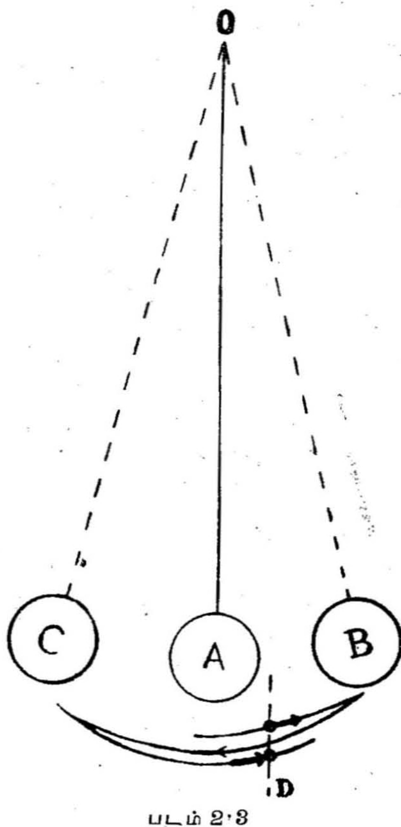
## தனி ஊசல் (Simple Pendulum)

நல்லியல்புள்ள (ideal) ஊசல் என்பது எடையற்ற, முறுக்கில்லாத, விரிவுபடாத ஒரு நூலினால் தொங்கவிடப்பட்ட எடை கொண்ட ஒரு துகளாகும். ஆனால், மேற்சொன்ன வகையில் ஒரு தனி ஊசலை அமைக்க முடியாதாகையால் அதைப் பெரிதும் ஒத்திருக்கும் வகையில் முறுக்கில்லாத, விரிவுபடாத, மிகமெல்லிய நூலினால் ஓர் உலோகக் குண்டைத் தொங்கவிட்டு அதனை அமைக்கிறோம்.

தனி ஊசல் எப் புள்ளியிலிருந்து தொங்குகிறதோ அப் புள்ளிக்குத் தொங்குதானம் என்று பெயர். 'தனி ஊசலின்

தொங்குதானத்திற்கும், குண்டின் புவியீர்ப்பு மையத்திற்கும் (centre of gravity) இடையேயுள்ள நீளம் ஊசலின் நீளம் எனப் படுகிறது. படம் 2.2-ல், O என்பது தொங்குதானம்; A என்பது புவியீர்ப்பு மையம் ; OA என்பது ஊசலின் நீளம்.

தனி ஊசல் நடுநிலையில் இருக்கும்போது செங்குத்தாய் நிற்கும். அதை ஒருபுறமாய் சிறிது இழுத்து விட்டால் அங்கும் இங்கும் அசையும். இவ்வாறு அங்கும் இங்கும் அசைவதை அலைதல் (oscillate) என்று கூறுகிறோம்.



படம் 2·3

தனி ஊசல் ஒரு கோடியிலிருந்து மறு கோடிக்குச் சென்று திரும்பவும் தொடக்கக் கோடிக்குச் சென்று முடிக்கும் இயக்கத்திற்கு ஓர் அலைவு (oscillation) என்று பெயர். அதாவது, படம் 2.3-ல் தனி ஊசல் Cயிலிருந்து B-க்கும், Bயிலிருந்து C-க்கும் ஆடி முடிக்கும் இயக்கம் அலைவு ஆகும். ஊசல் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியை ஒரே திசையில் அடுத்தடுத்த இரு தடவைகள் கடப்பதற்கு இடையேயுள்ள இயக்கத்தையும் ஓர் அலைவு என்று கூறலாம். அதாவது, படம் 2·3-ல் தனி ஊசல் D-ஐ இடமிருந்து வலமாகக் கடப்பதாகக் கொள்வோம். பின்னர் அது Dயிலிருந்து B-க்கும், Bயிலிருந்து C-க்கும், Cயிலிருந்து D-க்கும் ஆடி முடிக்கும் இயக்கம் ஓர் அலைவு ஆகும்.

ஊசலின் நடுநிலைக்கும் ஒரு கோடிக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் அதன் வீச்சு (amplitude) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

ஊசல் ஓர் அலைவை ஆடி முடிப்பதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் தனி ஊசலின் அலைவு நேரம் (period of oscillation) எனப்படும்.

**தனி ஊசலின் விதிகள்**

**சிறு வீச்சுகளோடு அலையும் தனி ஊசல் ஒன்றின் அலைவு நேரம்,**

**(i) அதன் நீளம் மாருதிருக்கும்போது வீச்சைப் பொறுத்து மாறுவதன்று.**

**(ii) அதன் நீளம் மாருதிருக்கும்போது குண்டின் அளவு, நிறை அல்லது அது செய்யப்பட்டிருக்கும் பொருள் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து மாறுவதன்று.**

**(iii) அதன் நீளத்தின் இருமடி மூலத்திற்கு (square root) நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது.**

**(iv) அதன் நிளம் மாருதிருக்கும்போது ஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்விகிதத்திலிருக்கிறது.**

ஊசலின் நீளத்தை $l$ என்றும், அதன் அலைவு நேரத்தை $T$ என்றும் குறிப்பிட்டால், மூன்ருவது, நான்காவது விதிகளின் படி,

$$T \propto \sqrt{l}$$

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$$

எனவே, $$T \propto \sqrt{\frac{l}{g}}$$

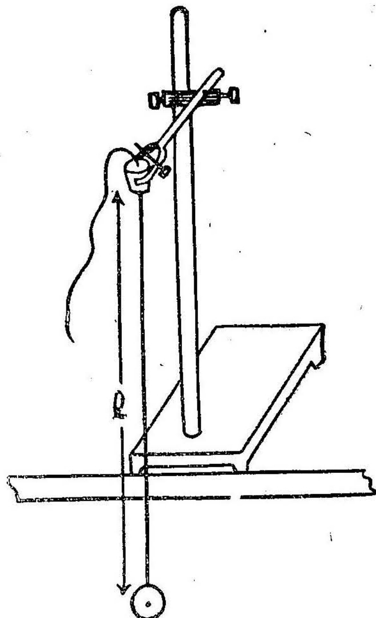
அல்லது $$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

**தனி ஊசல் கொண்டு ஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் மதிப்பைக் கண்டு பிடித்தல்**

படம் 2.4-ல் கண்டுள்ளபடி ஒரு தனி ஊசலை அமைத்துக் கொள்ளவும். பற்றுக்கோல் (clamp) ஒன்ருல் கெட்டியாகப் பற்றப்பட்ட ஒரு தக்கையின் ஊடாக ஒரு மெல்லிய, முறுக்கில்லாத, நீட்சியுருத நூல் ஒன்றைச் செலுத்தி அதன் மறு முனையில் ஓர் உலோகத் குண்டைத் தொங்கவிடவும்.

அடுத்து, தனி ஊசலின் நீளம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுடையதாக இருக்கும்படி அமைக்கவேண்டும். ஊசலின் நீளம் அதன் தொங்குதானத்திலிருந்து குண்டின் புவியீர்ப்பு மையம்

வரையுள்ள நீளமாகும். குண்டின் மையமான புவியீர்ப்பு மையத்தைக் காணமுடியாதாகையால், தொங்குதானத்தி லிருந்து குண்டின் அடிவரை உள்ள நீளம் ஊசலின் நீளத் தோடு குண்டின் ஆரத்தைச் சேர்த்து வரும் நீளத்திற்குச் சமமாக அமைக்கப்படுகிறது. இதற்குக் குண்டின் விட்டத்தை ஒரு வெர்னியர் காலிப்பரைக் கொண்டு அளவிட்டு அதன் ஆரத்தைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும். இது 1·2 செ.மீ. எனக் கொள்வோம். ஊசலின் நீளம் 50 செ.மீ. ஆக இருக்க வேண்டுமானல் தொங்கு தானத்திலிருந்து குண்டின் அடி வரை 51·2செ.மீ. இருக்கவேண் டும். இனி, தக்கையைப் பற்றி யிருக்கும் பற்றுக்கோலைச் சிறிது தளர்த்தியபின் குண்டின் அடி யைத்தொடும்படி ஒருசமதளக் கட்டையைத் தாங்கி, அதன் மேற் பரப்புக்கும் தொங்கு தானத்திற்கும் (தக்கையின் அடிப் பரப்பு) இடையே 51·2 செ.மீ. நீளம் இருக்கும்படி ஊசலை இழுத்துப்பற்றுக்கோலை இறுக்கிவிடவும்.




படம் 2·4

அடுத்து, தனி ஊசலின் அலைவுநேரத்தைப் பின்வரு மாறு கணக்கிடவும்: முதலில் ஊசலின் நடுநிலையை அடை யாளமிட்டுக்கொண்டு (இதனை நடுநிலைக்கு நேரே ஓர் ஊசியை நிறுத்திச் செய்யலாம்) ஊசலை அதன் நடுநிலையிலிருந்து சிறிது தூரம் (சுமார் 5 செ.மீ.) இழுத்து அது ஒரே தளத்தில் அலையு மாறு விடவும். ஊசல் நடுநிலையை இடமிருந்து வலம் கடக்கும் அதே நேரத்தில் நிறுத்து கடிகாரம் ஒன்றை இயக்கவேண்டும். ஊசல் திரும்பவும் நடுநிலையை இடமிருந்து வலம் அடுத்த முறை கடக்கும்போது ஓர் அலைவை முடித்துள்ளதால் ஒன்று என எண்ணவேண்டும். இவ்வாறு 50 அலைவுகளை முடிக்கும் போது நிறுத்து கடிகாரத்தை நிறுத்தி ஊசல் 50 அலைவுகளுக்கு எடுத்துக்கொண்ட நேரத்தைக் குறித்துக்கொள்ளவும். சோதனையைத் திரும்பவும் செய்து 50 அலைவுகளுக்கான

சராசரி நேரத்தைக் கணக்கிடவும். அதிலிருந்து தனி ஊசலின் அலைவு நேரத்தைக் ($T$) கணக்கிடலாம்.

பின்னர், தக்கையைச் சிறிது தளர்த்தி ஊசலின் நூலைச் சரியாக 10 செ.மீ. இழுத்துத் தக்கையை இறுக்கிவிடவும். இதனால் ஊசலின் நீளம் 10 செ.மீ. அதிகமாக்கப்படுகிறது. முன் சொல்லப்பட்டது போல இந்த நீளத்திற்கும் அலைவு நேரத்தைக் கணக்கிடவும். இவ்வாறே ஊசலின் நீளத்தை 10 செ.மீ. வீதம் அதிகமாக்கி ஒவ்வொரு நீளத்திற்கும் அலைவு நேரத்தைக் கணக்கிட்டு, காட்சிப் பதிவுகளைக் கீழ்க்காணுமாறு அட்டவணைப்படுத்தவும்:

| ஊசலின் நீளம் ($l$) | 50 அலைவுகளுக்கான நேரம் | | | அலைவு நேரம் $T$ (வினாடிகள்) | $T$ | $\frac{l}{T^2}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (i) | (ii) | சராசரி | | | |
| | | | | | | |

ஒவ்வொரு நீளத்திற்கும் அதன் அலைவு நேரத்தின் இருமடிக்கும் (square) உள்ள தகவு (ratio) மாறிலியாக (constant) இருப்பதை அட்டவணையின் கடைசிப் பத்தியிலிருந்து காணலாம். இதனால் தனி ஊசலின் நீளத்திற்கும் அதன் அலைவு நேரத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு, அதாவது, $T^2 \propto l$ அல்லது $T \propto \sqrt{l}$ என்னும் தொடர்பு மெய்ப்பிக்கப்படுகிறது.

இனி, $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ என்ற சமன்பாட்டின் இருமடி காணின்,

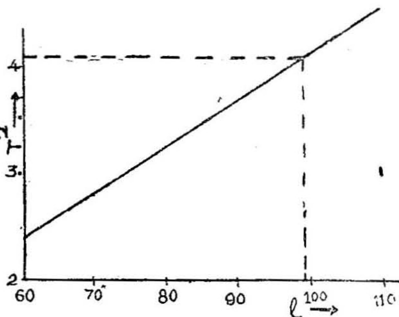
$$T^2=4\pi^2\frac{l}{g}$$

அல்லது, $g=4\pi^2\frac{l}{T^2}$ ..............[ச.2.6]

அட்டவணையின் கடைசிப் பத்தியிலுள்ள $\frac{l}{T^2}$ மதிப்புகளின் சராசரி மதிப்பை ச.2,6-ல் பதிலீடு (substitute) செய்து $g$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.

ஊசலின் நீளத்தை $x$ அச்சிலும் அலைவு நேரத்தின் இருமடியை $y$ அச்சிலும் குறித்து ஒரு வரைபடம் (graph) வரையலாம். இது நேர்கோடாக அமைந்து [படம் 2.5] நீளத்திற்கும் அலைவு நேரத்தின் இருமடிக்கும் உள்ள தொடர்பை $\left(\frac{l}{T^2}=\text{ஒரு மாறிலி}\right)$ மெய்ப்பிக்கிறது.

வரைபடத்திலிருந்து எந்த ஓர் அலைவு நேரத்தைக் கொண்ட தனி ஊசலின் நீளத்தையும் கணக்கிடலாம். காட்டாக, விநாடி ஊசலின் நீளத்தைக் காண வேண்டியிருப்பதாகக் கொள்வோம். விநாடி ஊசல் எனப்படுவது இரண்டு விநாடிகளை அலைவு நேரமாகக் கொண்ட தனி ஊசலாகும். எனவே, அலைவு நேரத்தின் இருமடி 4. இனி $y$ அச்சில் 4 வழியே $x$ அச்சுக்கிணையாக ஒரு கோடு வரைய வேண்டும். இது வரைபடத்தை வெட்டுமிடத்திலிருந்து $x$ அச்சுக்குச் செங்குத்தாக மற்றொரு கோடு வரைய வேண்டும். செங்குத்துக் கோடு $x$ அச்சை வெட்டுமிடத்தில் உள்ள அளவு விநாடி ஊசலின் நீளத்தைக் கொடுக்கும்.



படம் 2·5

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஈர்ப்பு முடுக்க மதிப்பு 980 செ.மீ./விநாடி$^2$ இருக்குமிடத்தில் விநாடி ஊசலின் நீளத்தைக் கணக்கிடுக.

**விடை:** விநாடி ஊசலின் அலைவு நேரம் $(t)$

$=2$ விநாடிகள் ,

$g=980$ செ.மீ./விநாடி$^2$

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$$

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2}$$

$$= \frac{980 \times 2^2}{4\pi^2}$$

= 99·2 செ.மீ.

எனவே, $g$-ன் மதிப்பு 980 செ.மீ./விநாடி$^2$ இருக்குமிடத்தில் விநாடி ஊசலின் நீளம் = 99·2 செ.மீ.

2. ஓரிடத்தில் 60 செ.மீ. நீளமுள்ள ஓர் ஊசல் 50 அலைவுகளுக்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் 78 விநாடிகள். அவ்விடத்தில் $g$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** 50 அலைவுகளுக்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் 78 விநாடிகள்

$\therefore \quad t = \frac{78}{50} = 1 \cdot 56$ விநாடி

$l = 60$ செ.மீ.

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$$

$$= 4\pi^2 \frac{60}{1 \cdot 56^2}$$

$g = 973 \cdot 4$ செ.மீ./விநாடி$^2$

எனவே, $g$-ன் மதிப்பு 973·4 செ.மீ./விநாடி$^2$

## வினாக்கள்

1. தனி ஊசலின் விதிகளைக் கூறுக.

தனி ஊசலைக் கொண்டு சோதனைச் சாலைகளில் $g$-ன் மதிப்பை எவ்வாறு கண்டுபிடிக்கலாம் என்று விவரமாகக் கூறவும்.

$l - T^2$ வரை படத்தின் உதவியால் தனி ஊசலின் நீளத்தை எவ்வாறு காண்பது?

2. $g$-ன் மதிப்பு 979 செ.மீ./விநாடி$^2$ உள்ள இடத்தில் 1·6 விநாடிகள் அலைவு நேரங்கொண்ட ஊசலின் நீளத்தைக் காண்க. [63 செ.மீ.]

3. $g$-ன் மதிப்பு 982 செ.மீ./விநாடி$^2$ உள்ள இடத்தில் விநாடி ஊசலின் நீளத்தைக் காண்க. [99·4 செ.மீ.]

# நியூட்டனின் இயக்கவியல் விதிகள்

(Newton's Laws of Motion)

முற் பகுதிகளில் துகளின் இயக்கத்தைப் பற்றிப் படித்தோம். இப் பகுதியில் துகளின் இயக்கத்திற்குக் காரணமான விசையைப் (force) பற்றிப் பார்ப்போம். ஒரு துகளின் மேல் செயற்படும் விசையைப் பற்றியும், அவ்விசைக்கும் துகளின் இயக்கத்திற்கும் உள்ள தொடர்புகளையும், நியூட்டனின் விதிகள் மூன்றும் நமக்குக் கூறுகின்றன.

## முதல் விதி

**புறவிசை யொன்று தொழிற்பட்டாலொழிய அமைதி நிலை அல்லது சீரான திசை வேக நிலையிலுள்ள பொருள் அந்த நிலையிலேயே தொடர்ந்து இருக்கும்.**

இந்த விதியிலிருந்து விசை என்பது என்ன என்பதை வரையறுக்க முடியும்.

**விசை என்பது அமைதி நிலை அல்லது ஒரு சீரான திசை வேக நிலையிலுள்ள ஒரு பொருளில் செயற்பட்டு அந் நிலையை மாற்ற முயலும் ஒன்றாகும்.**

மேலும், இந்த விதியிலிருந்து எப்பொருளும் அதன் நிலையைத் தானாகவே மாற்றிக் கொள்ள முடியாது என்பது பெறப் படுகிறது. பொருள்களின் இப் பண்பு நிலைமம் (inertia) எனப்படும்.

இவ் விதியை அன்றாட நிகழ்ச்சிகளிலிருந்து அறியலாம். மேசை ஒன்றின் மீது வைக்கப்பட்ட ஒரு புத்தகம் தள்ளப் பட்டாலன்றி அசைவதில்லை. அசையும் பொருளைப் பொறுத்த வரையில் அது இயங்கும் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் ஒரு விசை செயற்பட்டாலன்றி நிற்பதில்லை. இதற்குச் சிறந்த எடுத்துக் காட்டு ஒன்று உண்டு. வேகமாக ஓடும் ஒரு வண்டியிலிருந்து குதிக்கும் ஒரு மனிதன் குதித்தவுடன் வாகனம் ஓடும் திசையில் சிறிது தூரம் ஓடாவிட்டால் கீழே விழுந்து விடுகிறான். இதனைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம்: ஓடும் வண்டியிலிருந்து குதிக்கும் மனிதனின் உடல் முழுவதும் அவ் வண்டியின் வேகத்தோடு செல்லுகிறது. ஆனால், அவன் பாதங்கள் தரையைத் தொட்ட வுடன் திடீரென்று நிறுத்தப்படுகின்றன. அதே நேரத்தில் அவன் உடலின் மேற் பாகங்கள் வண்டியின் வேகத்தோடு இயங்குகின்றன. எனவே, அவன் கீழே விழ நேரிடுகிறது.

ஆனால், குதித்தவுடன் அவன் வண்டி செல்லும் திசையிலேயே ஓடுவானாகில் அவனுடைய பாதங்கள் திடீரென நிறுத்தப்படுவதில்லை. எனவே, அவனும் கீழே விழுவதில்லை.

## உந்தம் (Momentum)

நியூட்டனின் இரண்டாவது விதியைப்பற்றிப் படிக்கு முன் உந்தம் என்பதனைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்வது இன்றியமையாததாகிறது. ஓர் அசையும் பொருளின் உந்தம் என்பது அது மற்றொரு பொருளோடு மோதும்போது அந்த இரண்டாவது பொருளில் அசைவை உண்டாக்கும் திறமையைப் பொறுத்தது. இந்தத் திறமை அசையும் பொருளின் திசை வேகத்தையும் நிறையையும் பொறுத்தது. காட்டாக, ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் செல்லும் ஒரு மிதி வண்டி மோதும்போது ஏற்படும் விளைவைவிட அதே வேகத்தில் செல்லும் ஒரு கார் மோதுவதால் உண்டாகும் விளைவு அதிகமானது. எனவே, ஓர் அசையும் பொருளின் உந்தமானது அதன் திசை வேகம், நிறை ஆகியவைகளின் பெருக்கற் பலனாகும்.

அதாவது, பொருளின் திசை வேகம் $v$ ஆகவும் நிறை $m$ ஆகவும் இருந்தால்,

உந்தம் $= m \times v$

ஒரு குறிப்பிட்ட விசை ஒரு பொருளின்மீது செயற்படும்போது அது குறிப்பாக அதன் திசை வேகத்தை மட்டும் மாற்றுவதில்லை; அதன் உந்தத்தையே மாற்றுகிறது. இதையும் அன்றாட வாழ்க்கையில் காண்கிறோம். ஒரு பொருளை அசைக்க முயலும்போது அது எடை மிகுந்ததாக இருந்தால் குறைந்த வேகத்துடனும், எடை குறைந்ததாக இருந்தால் அதிக வேகத்துடனும் அசைகிறது. இதனையே இரண்டாவது விதி அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது.

## இரண்டாவது விதி

ஒரு பொருளின் உந்தம் மாறும் வீதம் அதன்மேல் செயற்படும் விசைக்கு நேர் விகிதத்தில் அமைவதோடு அவ் விசையின் திசையிலேயே ஏற்படுகிறது.

இவ் விதி, விசையை அளவிட நமக்கு உதவுகிறது. இதன் மூலம் விசைக்கு ஒரு வாய்பாட்டைக் காணலாம்.

$m$ என்ற நிறையைக் கொண்ட ஒரு பொருள் $u$ என்ற திசைவேகத்துடன் தொடங்கி ஒரு நேர்கோட்டில் செல்வதாகக் கொள்வோம். அப் பொருளின் மீது $F$ என்ற ஒரு விசை செய்ற்பட்டு அதன் திசைவேகத்தை $t$ வினாடியில் $v$-க்கு மாற்றுவதாகக் கொள்வோம்.

அப் பொருளின் தொடக்கத் திசைவேகம் $= u$

இறுதித் திசை வேகம் $= v$

எனவே, தொடக்க உந்தம் $= m u$

இறுதி உந்தம் $= m v$

உந்தத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் $= m v - m u$

மாறுதலுக்கு எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட நேரம் $= t$ வினாடி

$\therefore$ உந்தம் மாறும் வீதம் $= \dfrac{m(v-u)}{t}$

ஆனால், $\dfrac{v-u}{t} = a$

$\therefore$ உந்தம் மாறும் வீதம் $= m a$

நியூட்டனின் இரண்டாவது விதிப்படி உந்தம் மாறும் வீதம் பொருளின்மேல் செயற்படும் விசைக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறது.

எனவே, $ma \propto F$

அல்லது $F \propto ma$

அதாவது $F = K\,ma$ ..............................(i)

($K$ என்பது ஒரு மாறிலி)

இனி, $K = 1$ என்று ஆகும் வகையில் ஒருமை விசை (unit force) வரையறுக்கப்படுகிறது.

ஓரலகு அளவு நிறையுள்ள ஒரு பொருளின் மீது செயற்பட்டு அப் பொருளில் தன் திசையிலேயே ஓரலகு முடுக்கத்தை ஏற்படுத்தும் விசை ஒருமை விசை ஆகும்.

இந்த வரையரையின்படி,

$m = 1, \quad a = 1$ என்னும்போது, $F = 1$

இம் மதிப்புகளை சமன்பாடு (i)-ல் பதிலீடு செய்வோமானால்,

$1 = K \times 1 \times 1$

அதாவது, $K = 1$

$\therefore \quad F = ma$ ..............................[ச.2·7]

எனவே, ஒரு பொருளின் மீது செயற்படும் விசை அப் பொருளின் நிறை, அதில் ஏற்படும் முடுக்கம் ஆகியவற்றின்

பெருக்கற்பலனுல் அளவிடப்படுகிறது. முடுக்கம் ஒரு வெக்டர் ஆதலால் விசையும் ஒரு வெக்டர் என்பது தெளிவு.

**விசையின் அலகுகள் :** விசையின் அலகுகள் சார்பிலா அலகுகள், ஈர்ப்பு அலகுகள் என இரு வகைப்படும்.

**சார்பிலா அலகுகள் :** மெட்ரிக் முறையில் விசையின் சார்பிலா அலகு **டைன்** (dyne) எனப்படுவதாகும். ஒரு கிராம் நிறையுள்ள பொருள் ஒன்றின்மீது செயற்பட்டு அதில் 1 செ.மீ./விஞடி$^2$ முடுக்கத்தை ஏற்படுத்தும் விசை ஒரு டைன் விசையாகும். பிரிட்டன் முறையில் விசையின் சார்பிலா அலகு **பவுண்டல்** (poundal) ஆகும். ஒரு பவுண்டு நிறையுள்ள ஒரு பொருளின்மீது செயற்பட்டுஅதில் 1அடி/விஞடி$^2$ முடுக்கத்தை ஏற்படுத்தும் விசை ஒரு பவுண்டல் விசையாகும்.

**ஈர்ப்பு அலகுகள் :** இந்த அலகுகளின் மதிப்பு ஈர்ப்பு முடுக்கத்தைப் பொறுத்திருப்பதாலேயே அப் பெயர் பெற்றன.

புவியீர்ப்பு விசை காரணமாக ஓரலகு நிறையுள்ள ஒரு பொருளின்மீது செயற்படும் விசை புவியீர்ப்பு ஒரும விசையாகும்.

மெட்ரிக் முறையில் விசையின் ஈர்ப்பலகு **கிராம்-எடை** (gram-weight). **ஒரு கிராம் நிறையுள்ள பொருளின் மீது செயற்படும் புவியீர்ப்பு விசை ஒரு கிராம்-எடையாகும்.** பிரிட்டன் முறையில் விசையின் ஈர்ப்பலகு **பவுண்டு-எடை** (pound-weight) ஆகும். **ஒரு பவுண்டு நிறையுள்ள பொருளின் மீது செயற்படும் புவியீர்ப்பு விசை ஒரு பவுண்டு-எடை ஆகும்.**

எந்த ஓர் இடத்திலும் ஓரலகு நிறையுள்ள ஒரு பொருள் $g$ அலகுகள் முடுக்கத்துடன் தானே விழுவதால்,

ஓர் ஈர்ப்பலகு விசை = $g$ சார்பிலா அலகுகள்.

எனவே, மெட்ரிக் முறையில் 1 கிராம்-எடை = $g$ டைன்கள்.

பிரிட்டன் முறையில் 1 பவுண்டு-எடை = $g$ பவுண்டல்கள்.

$g$-ன் மதிப்பு இடத்திற்கு இடம் மாறுபடுவதற்கேற்ப 1 கிராம்-எடை, 1 பவுண்டு-எடை ஆகியவற்றின் மதிப்புகளும்

மாறுபடும். ஆனால், டைன், பவுண்டல் ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் மாறுவதே இல்லை.

**ஒரு பொருளின் நிறையும் எடையும் :** ஒரு பொருளின் **நிறை** (mass) என்பது அதில் அடங்கியுள்ள பருப்பொருளின் அளவு ஆகும்; எடை (weight) என்பது அப் பொருளின் மீது செயற்படும் புவியீர்ப்பு விசையாகும்.

ஒரு பொருளின் எடை $W$, அதன் நிறை $M$ என்றால்,

$$W = Mg$$

நிறை என்பது பருப்பொருள் அளவு ஆதலால், அது எப்போதும் மாறாமல் இருக்கும். ஆனால் எடை என்பது அப் பொருளின்மீது செயற்படும் புவியீர்ப்பு விசை. புவியீர்ப்பு விசையோ இடத்திற்கு இடம் மாறுகிறது. எனவே, எடையும் இடத்திற்கு இடம் மாறுபடும். ஒரு பொருளின் எடை நில நடுக் கோட்டுப் பகுதிகளில் காணப்படுவதைவிட துருவங்களில் அதிமாக இருக்கிறது. மேலும், நிலப்பரப்பிலிருந்து மேலே செல்லச் செல்ல ஒரு பொருளின் எடை குறைகிறது.

ஒரு பொருளின் நிறையை பௌதிகத் தராசின் உதவியாலும் எடையை வில் தராசின் உதவியாலும் கண்டுபிடிக்கலாம். உணர்வு நுட்பம் மிகுந்த ஒரு வில் தராசினைக் கொண்டு ஒரு பொருளின் எடையைக் கண்டால் வெவ்வேறு இடங்களில் சிறிதே வேறுபட்ட வெவ்வேறு எடைகளைக் கொடுக்கும்.

**மூன்றாவது விதி :** ஒவ்வொரு வினைக்கும் அதற்குச் சமமான எதிர் வினை (reaction) ஒன்று உண்டு.

இங்கு வினை என்பது விசையைக் குறைக்கிறது.

இவ் விதியின்படி $A$ என்ற பொருள் $B$ என்ற மற்றொரு பொருளின்மீது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு விசையைச் செயற்படுத்தினால் $B$, $A$-ன் மீது அதே அளவு விசையை எதிர்த் திசையில் செயற்படுத்தும். $A$, $B$-ன் மீது செயற்படுத்தும் விசை $F_1$ ஆகவும், $B$, $A$-ன் மீது செயற்படுத்தும் விசை $F_2$ ஆகவும் இருப்பின்,

$$F_1 = -F_2$$

மேசையின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு புத்தகத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். புத்தகம் அதன் எடைக்குச் சமமான விசையை மேசையின்மீது கீழ்நோக்கிச் செயற்படுத்துகிறது.

மேசை அதே அளவு விசையினைப் புத்தகத்தின் மீது மேல் நோக்கிச் செயற்படுத்துகிறது. படகில் இருந்துகொண்டு நீரை ஒரு குறிப்பிட்ட விசையுடன் தள்ளும்போது நீர் அதே விசையை எதிர்த்திசையில் படகின்மீது செயற்படுத்துவதால் படகு முன்னேக்கி நகருகிறது அல்லவா?

## உந்தம் அழிவின்மை விதி

மூன்ருவது விதியிலிருந்து உந்தம் அழிவின்மை விதி (law of conservation of momentum) என்னும் ஒரு முக்கியமான விதியைப் பெறலாம்.

ஒன்றுக்கொன்று செயலெதிர்ச் செயற்படும் (mutually interacting) பொருள்கள் அடங்கிய ஓர் அமைப்பில் எந்தவொரு திசையிலும் உள்ள மொத்த உந்தம் மாருமல் இருக்கும். அல்லது, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பொருள்கள் மோதிக்கொள்ளும்போது மோதலுக்கு முன் உள்ள மொத்த உந்தம் மோதலுக்குப் பின் உள்ள மொத்த உந்தத்திற்குச் சமமாகும்.

$m_1$ என்ற நிறையைக் கொண்ட $A$ என்ற ஒரு பொருளையும், $m_2$ என்ற நிறையைக் கொண்ட $B$ என்ற ஒரு பொருளையும் எடுத்துக் கொள்வோம். $A$, $u_1$ என்ற திசைவேகத்துடனும், $B$, $u_2$ என்ற திசைவேகத்துடனும் ஒரே திசையில் செல்வதாகக் கொள்வோம். மோதலுக்குப் பிறகு அவைகளின் திசைவேகங்கள் முறையே $v_1$, $v_2$ ஆக மாறட்டும். அவைகள் ஒன்றையொன்று தொடும் நேரம் $t$ விஞடி ஆகட்டும். மோதலின்போது $A$, $B$-ன்மீது $F_1$ என்ற விசையையும், $B$, $A$-ன் மீது $F_2$ என்ற விசையையும் செயற்படுத்துவதாகக் கொள்வோம்.

மோதலின்போது $A$ம், $B$ம் ஒன்றையொன்று $t$ விஞடி நேரம் தொட்டுக் கொண்டிருப்பதால் $A$-யினுல் $B$மீது செயற்படுத்தப்படும் $F_1$ விசை $B$-ன் திசைவேகத்தை $u_2$ விலிருந்து $v_2$-க்கு $t$ விஞடி நேரத்தில் மாற்றுகிறது.

∴ நியூட்டனின் இரண்டாவது விதிப்படி,

$$F_1 = m_2\frac{(v_2 - u_2)}{t}$$

அவ்வாறே, $B$னுல் $A$மீது செயற்படுத்தப்படும் $F_2$ என்ற விசை $A$-ன் திசை வேகத்தை $u_1$-லிருந்து $v_1$-க்கு $t$ விஞடி நேரத்தில் மாற்றுவதால்,

$$F_2 = m_1\frac{(v_1 - u_1)}{t}$$

நியூட்டனின் மூன்றாவது விதிப்படி,

$$F_1 = -F_2$$

எனவே, $m_2\dfrac{(v_2-u_2)}{t} = -m_1\dfrac{(v_1-u_1)}{t}$

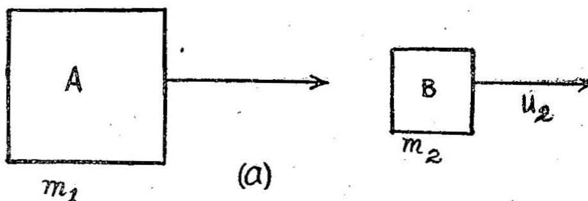
அல்லது, $m_2\,(v_2-u_2) = -\,m_1\,(v_1-u_1)$

$$\therefore m_2v_2 + m_1v_1 = m_2u_2 + m_1u_1$$

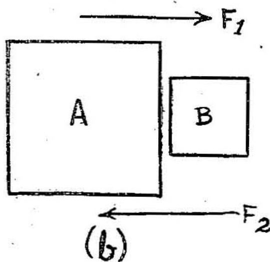
அதாவது,

மோதலுக்குப் பின் மொத்த உந்தம் = மோதலுக்கு முன் மொத்த உந்தம்

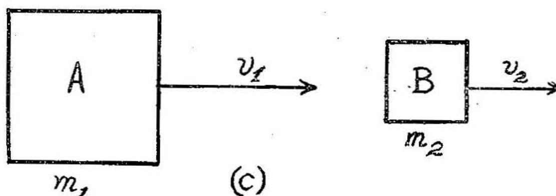
மோதலுக்கு முன்:




மோதலின் போது:




மோதலுக்குப் பிறகு:




படம் 2.6

**துப்பாக்கியின் பின் அசைவு** (Recoil)

ஒரு துப்பாக்கி சுடப்படும்போது அதனின்றும் வெளிப் படும் குண்டு பெரும் திசைவேகத்துடன் முன்னேக்கிச் செல்லும் அதே சமயத்தில் துப்பாக்கி ஒரு குறைந்த திசை வேகத்துடன் பின்னேக்கி இயங்குகிறது. துப்பாக்கியின் இந்த அசைவைப் பின் அசைவு என்கிறோம். இது உந்தம் அழிவின்மை விதிக்கேற்ப ஏற்படுகிறது. இங்குத் துப்பாக்கியும் குண்டும் ஒன்றுக்கொன்று செயலெதிர்ச் செயல்படும் பொருள்களாகும்.

துப்பாக்கி சுடப்பட்டவுடன் அதிலுள்ள வெடி மருந்து மிக அதிகப் பருமனுள்ள வாயுவாக மாறுகிறது. இந்த வாயு வின் பேரழுத்தம் குண்டினை முன்னேக்கித் தள்ளுகிறது. குண்டு அதே விசையுடன் துப்பாக்கியைப் பின்னேக்கித் தள்ளுகிறது. ஆனல், துப்பாக்கியின் நிறை குண்டின் நிறையை விடப் பன் மடங்கு அதிகமாயிருப்பதால், துப்பாக்கியின் பின் அசைவுத் திசை வேகம் குறைவாகவே இருக்கும்.

சுடப்படுமுன் துப்பாக்கி, குண்டு ஆகிய இரண்டும் இயக்க மற்று இருப்பதால், அப்போது அவைகளின் மொத்த உந்தம் சுழி ஆகும். சுடப்பட்டபின் குண்டின் வேகம் $v$ எனவும், துப்பாக்கியின் திசை வேகம் $V$ எனவும் கொள்வோம். குண்டின் நிறை $m$ எனவும், துப்பாக்கியின் நிறை $M$ எனவும் கொள்வோமானல், சுடப்பட்டபின் மொத்த உந்தம் $MV+mv$ ஆகும். ஆனல், உந்தம் அழிவின்மை விதியின்படி

$$MV+mv=o$$

$$\therefore \quad mv=-MV$$

எனவே, குண்டு முன்னேக்கிப் பாயும்போது துப்பாக்கி பின்னேக்கி அசைகிறது.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஓய்விலுள்ள ஒரு பொருளின் மீது 20 பவுண்டு எடை விசை ஒன்று 0·1 விநாடி நேரத்திற்குச் செயற்படுகிறது. பொருளின் நிறை 20 பவுண்டு என்றல் அது பெற்ற வேகத்தைக் கணக்கிடுக. [$g=32'$/விநாடி$^2$]

$F=20$ பவுண்டு எடை

$=20\times 32$ பவுண்டல்கள்

$m=20$ பவுண்டு

$a=?$

$a=\frac{F}{m}$

$=\frac{20\times\cdot2}{20}$

$a=32'/$விநாடி 2

மேலும், $u=0$; $a=32'/$விநாடி$^2$; $t=0\cdot1$ விநாடி; $v=?$

$v=u+at$

$=0+32\times\cdot1$

$=3\cdot2'/$விநாடி

பொருள் பெற்ற வேகம் $=3\cdot2$ அடி/விநாடி.

2. மணிக்கு 30 மைல் வேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் 0·6 டன் நிறையுள்ள ஒரு காரின்மீது செயற்படும் விசை அதன் வேகத்தை 1 ஃபர்லாங் தொலைவில் மணிக்கு 45மைலாக மாற்றுகிறது. விசையின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.

$u=30$ மைல்/மணி $=44'/$விநாடி

$v=45$ மைல்/மணி $=66'/$விநாடி

$s=1$ ஃபர்லாங் $=660'$

$a=?$

$v^2=u^2+2as$

$66^2=44+2\times a\times660$

$2\times660\times a=66^2-44^2$

$=110\times22$

$a=\frac{11}{6}'/$விநாடி

இனி, $m=\cdot6\times2240$ பவுண்டுகள்; $a=\frac{11}{6}'/$விநாடி$^2$; $F=?$

$F=ma$

$=\cdot6\times2240\times\frac{11}{6}$

$=2240\times1\cdot1$ பவுண்டல்கள்

$=\frac{2240\times1\cdot1}{2240\times32}$ டன் எடை

$F=\cdot0344$ டன் எடை

காரின் மீது செயற்படும் விசை 0·0344 டன் எடை

3. மணிக்கு 45 மைல் வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் 1 டன் எடையுள்ள ஒரு கார் 33 விநாடிகளில் நிறுத்தப்படுகிறது. அதன் மீது செயற்படும் விசையைக் கணக்கிடுக.

$u = 45$ மைல்/மணி $= 66'$/விநாடி
$v = 0$
$t = 33$ விநாடிகள்
$a = ?$
$v = u + at$
$0 = 66 + a \times 33$
$33a = -66$
$a = -2'$/விநாடி$^2$
எதிர் முடுக்கம் $= 2'$/விநாடி$^2$
இனி, $m = 1$ டன் $= 2240$ பவுண்டுகள்.
எதிர் முடுக்கம் $= 2'$/விநாடி$^2$
எதிர் விசை $(F) = ?$
$F = m \times$ எதிர் முடுக்கம்
$= 2240 \times 2$ பவுண்டல்கள்
$= 4480$ பவுண்டல்கள்
$= \frac{2240 \times 2}{2240 \times 32}$ டன் எடை
$= \frac{1}{16}$ டன் எடை

காரின் மீது செயற்படும் எதிர்விசை $= 4,480$ பவுண்டல்கள் அல்லது $\frac{1}{16}$ டன் எடை.

## வினாக்கள்

1. நியூட்டனின் இயக்கவியல் விதிகளை விளக்கிக் கூறுக. $F = ma$ என்னும் சமன்பாட்டைப் பெறுக. விசையின் அலகுகள் யாவை ?

2. உந்தம் அழிவின்மை விதியை விளக்குக.

நியூட்டனின் மூன்றாவது இயக்கவியல் விதியிலிருந்து உந்தம் அழிவின்மை விதி எவ்வாறு பெறப்படுகிறது ?

3. சிறு குறிப்பு வரைக :
   (a) நிலைமம்
   (b) நிறையும் எடையும்
   (c) துப்பாக்கியின் பின் அசைவு.

4. 200 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு பொருள் 49செ.மீ./விநாடி$^2$ என்னும் முடுக்கத்துடன் இயங்குகிறது. அதன்மீது செயற்படும் விசையைக் கணக்கிடுக.

[9,800 டைன்கள், 10 கிராம் எடை]

5. 2 டன் நிறையுள்ள ஒரு பொருள் 48 அடி/விநாடி$^2$ முடுக்கத்துடன் இயங்குகிறது. அதன்மீது செயற்படும் விசையைக் கணக்கிடுக.

[1,07,520 பவுண்டல்கள், 3,360 பவுண்டு எடைகள், $1\frac{1}{2}$ டன் எடைகள்]

6. 980 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு பொருளின் மீது 20 கிராம் எடைவிசை செயற்படும்போது அது பெறும் முடுக்கம் என்ன? [20 செ.மீ./ விநாடி$^2$]

7. ஒரு பொருளின்மீது 30 பவுண்டு எடை விசை செயற்பட்டு அதில் 15 அடி/ விநாடி$^2$ முடுக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது. அதன் நிறையைக் காண்க. [64 பவுண்டுகள்]

8. 500 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு பொருளின்மீது 2 மிலியன் டைன்கள் விசை ஒன்று 0·3 விநாடி நேரத்திற்குச் செயற்படுகிறது. பொருளின் முடுக்கத்தையும், திசைவேகத்தையும் கணக்கிடுக. [4,000 செ.மீ. விநாடி$^2$, 1200 செ.மீ./விநாடி.]

9. 16 பவுண்டு நிறையுள்ள ஒரு பொருளின்மீது ஒரு விசை செயற்பட்டு, அதன் வேகத்தை விநாடிக்கு 30 அடியிலிருந்து 75 அடிக்கு, 75அடி தொலைவில் மாற்றுகிறது. விசையின் மதிப்பைச் சார்பிலா அலகிலும், ஈர்ப்பலகிலும் கணக்கிடுக.

[448 பவுண்டல்கள், 14 பவுண்டு எடை]

10. மணிக்கு 45 மைல் வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் 200 டன் நிறையுள்ள ஒரு ரயில் வண்டி 132 கெஜத் தொலைவில் நிறுத்தப்படுகிறது. அதன்மீது செயற்படும் விசையை டன்–எடையில் காண்க. [34·37 டன்-எடை]

11. விநாடிக்கு 300 மீட்டர் வேகத்தில் செல்லும் 10 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு துப்பாக்கி ரவை 10 செ.மீ. தடிப்பு உள்ள ஒரு மரப்பலகையைச் சற்றே துளைக்கிறது. மரப்பலகை அளிக்கும் எதிர்விசை சீரானதாகக் கருதி அதன் மதிப்பைக் காண்க. [$4{\cdot}5 \times 10^7$ டைன்கள்]

12. ஒருடன் நிறையுள்ள ஒரு துப்பாக்கியிலிருந்து 15 பவுண்டு நிறையுள்ள ஒரு குண்டு விநாடிக்கு 750 அடி வேகத்துடன் சுடப்படுகிறது. துப்பாக்கியின் பின் அசைவு வேகத்தைக் கணக்கிடுக. [5·02 அடி/விநாடி]

13. விநாடிக்கு 30 அடி வேகத்துடன்செல்லும்20பவுண்டு நிறையுள்ள ஒரு பொருள் ஓய்விலுள்ள மற்றொரு பொருளுடன் மோதி நின்று விடுகிறது. இரண்டாவது பொருள் விநாடிக்கு 10 அடி வேகத்துடன் இயங்குமாயின் அதன் நிறையைக் கணக்கிடுக. [60 பவுண்டு]

## வேலை, திறன், ஆற்றல் (Work, Power, Energy)

### வேலை

வேலை என்ற சொல்லுக்கு அன்றாட வாழ்க்கையில் உள்ள பொருளுக்கும், பௌதிகத்தில் உள்ள பொருளுக்கும் மிகுந்த வேறுபாடு உண்டு. அன்றாட வாழ்க்கையில், ஒருவன் வேலை செய்கிறான் என்று சொன்னால் அதற்குப் பொருள் அவன் ஏதோ ஒன்றைச் செய்வதில் ஈடுபட்டிருக்கிறான் என்பதுதான். அவன் எழுதலாம்; ஒரு புத்தகத்தைப் படிக்கலாம்; ஒரு பொருளைத் தூக்க முயற்சிக்கலாம் அல்லது ஒரு பொருளைக் கீழிருந்து தூக்கலாம். ஆனால், பௌதிகத்தில் வேலை செய்வது என்றால் ஒரு விசை ஒரு பொருளின் மீது செயற்பட்டு அதனைத் தன் திசையில் இயக்கவேண்டும். இதன்படி பொருளைக் கீழிருந்து தூக்கும்போது மட்டுமே வேலை செய்யப்படுகிறது என்று பொருள்.

**ஒரு விசை ஒரு பொருளின் மீது செயற்படும்போது விசை செயற்படுபுள்ளி விசையின் திசையில் நகருமாயின் வேலை செய்யப்படுகிறது என்று கூறப்படுகிறது.**

விசையின் திசையில் பொருள் நகர்ந்தால் விசை வேலையைச் செய்கிறது என்றும், விசையின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் பொருள் நகர்ந்தால் விசையை எதிர்த்து வேலை செய்யப்படுகிறது என்றும் கூறுகிறோம்.

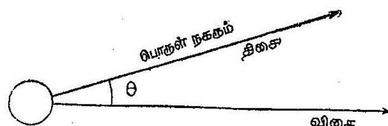
இரு வகையிலும் வேலையின் மதிப்பு, விசை, விசை செயற்படுபுள்ளி (point of application of force), நகரும் தூரம் ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனால் அளவிடப்படுகிறது.

அதாவது, $F$ என்ற ஒரு விசை ஒரு பொருளின்மீது செயற்படும்போது அப்பொருள் விசையின் திசையில் $S$ என்ற தூரம் நகர்ந்தால், விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W=F\times S$$

ஒரு பொருளின்மீது விசை செயற்படும்போது பொருள், விசையின் திசையிலன்றி வேறு திசையில் $S$ என்ற தூரம் நகரும்போது [படம் 2.7] இரு திசைகளுக்குமிடையேயுள்ள கோணம் $\theta$ ஆயின், விசையினுல் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = F \times S \cos\theta$$




படம் 2.7

ஒரு பொருளின்மீது விசை செயற்படும்போது பொருள் விசையின் திசைக்கு நேர்குத்துத் திசையில் நகருமாயின் அவ்விசை வேலை செய்யவில்லை என்று ஆகும். காட்டாக, ஒரு பொருள் கீழ்நோக்கி விழும்போது புவியீர்ப்புவிசை வேலை செய்கிறது என்று கூறலாம். ஆனுல், அப்பொருள் கிடைதளத்தில் (horizontal plane) நகர்ந்தால் புவியீர்ப்புவிசை வேலை எதுவும் செய்யவில்லை என்று கூறலாம்.

**வேலையின் அலகுகள்**

**சார்பிலா அலகுகள் :** மெட்ரிக் முறையில் வேலையின் சார்பிலா அலகு எர்க் (erg) ஆகும். ஒரு டைன் விசை ஒரு பொருளின்மீது செயற்பட்டு அதனை ஒரு சென்டிமீட்டர் தொலைவு நகர்த்துமாயின், செய்யப்பட்டவேலை ஓர் எர்க் ஆகும். பிரிட்டன் முறையில் வேலையின் சார்பிலா அலகு **அடி—பவுண்டல்** (foot-poundal) ஆகும். ஒரு பவுண்டல் விசை ஒரு பொருளின்மீது செயற்பட்டு அதனை ஓர் அடி தொலைவு நகர்த்துமாயின் செய்யப்பட்ட வேலை ஓர் அடி-பவுண்டல் ஆகும்.

**ஈர்ப்பலகுகள் :** மெட்ரிக் முறையில் வேலையின் ஈர்ப்பலகு **சென்டிமீட்டர்-கிராம்** (செ.மீ—கி.) [centimetre gram (cm.gm.)] ஆகும்; பிரிட்டன்முறையில் **அடி-பவுண்டு** (foot-pound) ஆகும். ஒரு கிராம்-எடை விசை ஒரு பொருளின் மீது செயற்பட்டு அதனை ஒரு சென்டிமீட்டர் தொலைவு நகர்த்துமாயின், செய்யப்பட்ட வேலை ஒரு சென்டிமீட்டர்—கிராம் ஆகும். ஒரு பவுண்டு-எடை விசை ஒருபொருளின்மீது செயற்பட்டு அதனை ஓர் அடி தொலைவு நகர்த்துமாயின் செய்யப்பட்ட வேலை ஓர் அடி-பவுண்டு ஆகும்.

1 சென்டிமீட்டர்-கிராம் = $g$ எர்குகள்
1 அடி-பவுண்டு = $g$ அடி-பவுண்டல்கள்

**நடைமுறை அலகுகள்**

இனி, மூன்ருவது வகை அலகுகளும் இருக்கின்றன. அவை நடைமுறை அலகுகளாகும் (practical units). மேற்கூறிய அலகுகள் மிகச் சிறியனவாக இருப்பதால் நடைமுறையில் வேறு அலகுகள் பயன்படுகின்றன.

மெட்ரிக் முறையில் ஜூல் (joule) என்பது நடைமுறை அலகாகும்.

$$1 \text{ ஜூல்} = 10^7 \text{ எர்குகள்}$$

பிரிட்டன் முறையில் நடைமுறை அலகு எதுவும் தனியாகத் தேவைப்படவில்லை. அடி-பவுண்டே நடைமுறை அலகாகவும் கொள்ளப்படுகிறது.

**திறன்**

திறன் என்பது ஒரு விநாடி நேரத்தில் செய்யப்படும் வேலை ஆகும்.

$$\text{திறன்} = \frac{\text{செய்யப்பட்ட வேலை}}{\text{எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட காலம்}}$$

திறனை $P$ எனவும், வேலையை $W$ எனவும், காலத்தை $t$ எனவும் குறிப்பிட்டால், $P = \frac{W}{t}$

ஓர் எந்திரம் ஒரு குறிப்பிட்ட வேலையை 10 விநாடி நேரத்திலும், மற்ருென்று அதே வேலையை 5 விநாடி நேரத்திலும் செய்வதாகக் கொள்வோம். ஒரே அளவான வேலையை இரு எந்திரங்களும் செய்தாலும், இரண்டாவது எந்திரம் குறுகிய காலத்திலேயே அவ் வேலையைச் செய்வதால், முதலாவது எந்திரத்தைவிட அதிகத் திறன் கொண்டது என்று கூறுகிருேம்.

**திறனின் அலகுகள்**

சார்பிலா அலகுகள்

மெட்ரிக் முறையில் : எர்க்/விநாடி (erg/sec.)

பிரிட்டன் முறையில் : அடி-பவுண்டல்/விநாடி (foot-poundal/sec.)

**புவியீர்ப்பு சார்ந்த அலகுகள்**

மெட்ரிக் முறை : சென்டிமீட்டர்-கிராம்/வினாடி
பிரிட்டன் முறை : அடி-பவுண்டு/விநாடி

**நடைமுறை அலகுகள்**

வேலையின் நடைமுறை அலகு மெட்ரிக் முறையில் **வாட்** (watt) ஆகும். பிரிட்டன் முறையில் **குதிரைத்திறன்** (horse power—h.p.) ஆகும். வாட் என்பது விநாடிக்கு ஒரு ஜூல் வீதம் வேலை செய்யப்படுவதைக் குறிக்கும். குதிரைத்திறன் என்பது விநாடிக்கு 550 அடி-பவுண்டுகள் வீதம் வேலை செய்யப்படுவதைக் குறிக்கும்.

1 குதிரைத்திறன் = 746 வாட்டுகள்.

**ஆற்றல்**

**ஒரு பொருளின் ஆற்றல் என்பது வேலையைச் செய்வதற்கான அதன் திறமை ஆகும்.**

ஒரு பொருளின் ஆற்றல் அது செய்யக்கூடிய வேலையைக் கொண்டு அளவிடப் படுகிறது. எனவே, ஆற்றலும் வேலைக்குரிய அலகுகளாலேயே அளவிடப்படும்.

எந்திர ஆற்றல், வெப்ப ஆற்றல், ஒளி ஆற்றல், ஒலி ஆற்றல், மின்னாற்றல் எனப் பலவகை ஆற்றல்கள் உண்டு. அவற்றுள் எந்திர ஆற்றலானது இயக்க ஆற்றல் (kinetic energy), நிலையாற்றல் (potential energy) என்று மேலும் இரு வகையாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இவ்விரு ஆற்றல்களைப் பற்றி இங்குப் பார்ப்போம்.

KINETIC ENERGY

**இயக்க ஆற்றல்:** ஒரு பொருளின் இயக்க ஆற்றல் என்பது அது இயங்குவதால் ஏற்படும் ஆற்றலாகும். அப்பொருள் ஓய்வுபெறுமுன் அது செய்யக்கூடிய வேலையின் அளவு அதன் இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமம்.

அசையும் பொருளின் இயக்க ஆற்றல் : $v$ என்னும் திசைவேகத்துடன் ஒரு நேர்கோட்டில் செல்லும் $m$ அலகு நிறையுள்ள ஒரு பொருளை எடுத்துக் கொள்வோம். அதன்மீது $F$ என்ற ஒரு விசை அதன் இயக்கத்திற்கு எதிர்த்திசையில் செயற்பட்டு அதனை $S$ தொலைவில் நிறுத்தட்டும். பொருளில் ஏற்பட்ட எதிர்முடுக்கம் '$a$' எனக் கொள்வோம்.

இயக்க ஆற்றல் = விசையை எதிர்த்துச் செய்யப்பட்ட
வேலை $= F \times S$

ஆனால், விசை = நிறை × முடுக்கம்.

இங்குப் பெறப்படுவது எதிர்முடுக்கம் ஆவதால்,

எதிர்விசை = நிறை × எதிர்முடுக்கம்.

அதாவது, $F = ma$.

தொடக்கத் திசைவேகம் $v$
இறுதித் திசைவேகம் $o$
எதிர்முடுக்கம் $a$
இடப்பெயர்ச்சி $s$ ஆனதால்,

$$o^2 = v^2 - 2as$$

அல்லது, $2as = v^2$

∴ எதிர்முடுக்கம் $a = \frac{v^2}{2s}$

எனவே, இயக்க ஆற்றல் $= F \times S$

$$= m \times a \times s$$

$$= m \times \frac{v^2}{2s} \times s$$

இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^2$ சார்பிலா அலகுகள் ......ச.2.11

நிறை கிராமிலும், திசைவேகம் செ.மீ./வினாடியிலும் இருந்தால் இயக்க ஆற்றல் எர்குகளிலும், நிறை பவுண்டிலும், திசைவேகம் அடியிலும் இருந்தால் இயக்க ஆற்றல் அடி பவுண்டல்களிலும் இருக்கும்.

**நிலையாற்றல்**

ஒரு பொருளின் நிலையாற்றல் அது கொண்டுள்ள நிலையைப் பொறுத்தது. அப் பொருளை அதன் இயல்பான நிலையிலிருந்து அது கொண்டுள்ள நிலைக்கு மாற்றுவதற்குச் செய்யப்படும் வேலை அந் நிலையில் அதன் நிலையாற்றல் ஆகும்.

அழுத்தப்பட்ட அல்லது வளைக்கப்பட்ட வில், அழுத்தப்பட்ட காற்று, நில மட்டத்திலிருந்து உயரத்திலுள்ள ஒரு பொருள் ஆகியவை அவற்றின் இயல்பான நிலையிலிருந்து மாறுபட்டிருப்பதால் அவை நிலையாற்றல் பெற்றிருக்கின்றன; இயல்பான நிலைக்குத் திரும்பும்போது வேலை செய்கின்றன.

**நில மட்டத்திலிருந்து உயரே வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பொருளின் நிலையாற்றல்**

$m$ என்ற நிறையைக் கொண்ட ஒரு பொருள் நில மட்டத்திலிருந்து $h$ என்ற உயரத்திற்குத் தூக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். பொருள் நில மட்டத்திலிருந்து தூக்கப்படும்போது புவியீர்ப்பு விசையை எதிர்த்து வேலை செய்யப்படுகிறது. இந்த வேலையின் அளவு நிலையாற்றலுக்குச் சமமாகும்.

$m$ நிறையைக் கொண்ட பொருளின் மீது செயற்படும் புவியீர்ப்பு விசை $\} = mg$

விசையை எதிர்த்துப் பொருள் நகரும் உயரம் $= h$

விசையை எதிர்த்துச் செய்யப்பட்ட வேலை $= mgh$

சார்பிலா அலகுகள்

$m$ கிராமிலும், $h$ செ.மீ.-லும் குறிக்கப்பட்டால்,

நிலையாற்றல் $= mgh$ எர்குகள்

$= mh$செ.மீ.-கிராம்கள்.

$m$, பவுண்டிலும், $h$, அடியிலும் குறிக்கப்பட்டால்,

நிலையாற்றல் $= mgh$ அடி-பவுண்டல்கள் அல்லது

$= mh$ அடி-பவுண்டுகள் ......ச.2.12

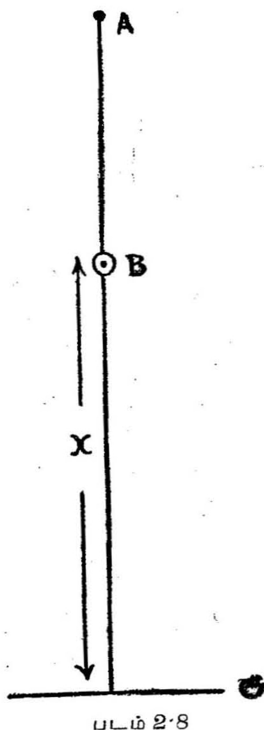
**ஆற்றல் மாற்றம்** (Transformation of energy)

நாம் பல்வகை ஆற்றல்களைப் பயன்படுத்துகிறோம். அவற்றுள் ஒருவகை ஆற்றலை மற்றொரு வகை ஆற்றலாக மாற்றலாம். காட்டாக, நீராவி எந்திரத்தில் வெப்ப ஆற்றல் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது; மின்னாக்கியில் (dynamo) இயக்க ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது; மின்னாற்றல், மின் விசிறியில் இயக்க ஆற்றலாகவும், மின் விளக்கில் ஒளி, வெப்ப ஆற்றல்களாகவும் மாற்றப்படுகிறது. கடிகாரத்தில் நிலையாற்றல் இயக்க ஆற்றலாக மாறுகிறது. மேலிருந்து கீழ் நோக்கி விழும் ஒரு பொருளிலும் நிலையாற்றல் இயக்க ஆற்றலாக மாறுகிறது. இவ்வாறு, ஒரு வகை ஆற்றல் மற்றொரு வகையாக மாறும்போது, ஒருவகையில் மறையும் ஆற்றல் மற்ற வகைகளில் சேதமின்றி வெளித் தோன்றி விடுகிறது. இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஆற்றல் அழிவின்மை விதி (Law of conservation of energy) என்னும் கருத்து உருவாக்கப்பட்டிருக்கிறது.

**ஆற்றல் அழிவின்மை விதி**

**ஆற்றலை ஆக்கவோ அழிக்கவோ முடியாது. ஆற்றல் ஒன்று மறையுமாயின் பிறிதொரு வகையில் சேதமின்றி வெளித்தோன்றும்.**

**ஆற்றல் அழிவின்மை விதியை மெய்ப்பித்தல் :** ஆற்றல் அழிவின்மை விதியை மேலிருந்து கீழ்நோக்கி விழும் ஒரு பொருளைக் கொண்டு மெய்ப்பிக்கலாம். $m$ நிறை கொண்ட ஒரு பொருள் நிலமட்டத்திலிருந்து $h$ என்ற உயரத்திலிருந்து தானே விழுவதாகக் கொள்வோம். அப் பொருள் நில மட்டத்தை நெருங்க நெருங்க நில மட்டத்திலிருந்து அதன் உயரம் குறைந்து திசைவேகம் அதிகமாகிறது; எனவே, அதன் நிலையாற்றல் குறைந்து, இயக்க ஆற்றல் அதிகமாகிறது. அதாவது, நிலையாற்றல் இயக்க ஆற்றலாக மாறுகிறது. பொருளின் எந்த நிலையிலும் நிலையாற்றல், இயக்க ஆற்றல் ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகை ஒரே அளவாகவே இருக்கிறது என்பதை மெய்ப்பிப்பதன் மூலம் ஆற்றல் அழிவின்மை விதியை மெய்ப்பிக்கலாம்.



படம் 2·8

படம் 2.8-ல் $G$ என்பது நில மட்டமாகவும், $A$ என்பது $h$ உயரத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியாகவும் கருதுவோம்.

**பொருள் $A$-ல் இருக்கும்போது :**

அதன் நிலையாற்றல் $= mgh$

**இயக்க ஆற்றல்**

$$\left(\tfrac{1}{2}\,mv^2\right) = o \;[\because v=o]$$

எனவே, மொத்த

ஆற்றல் $= mgh + o$

$= mgh.$

**பொருள் $G$ஐ அடையும்போது :**

பொருள் நில மட்டத்திலேயே இருப்பதால்,

நிலையாற்றல் $= o \;[\because h=o]$

அது $G$-யை அடையும் போது அதன் திசை வேகம் $v$ என்றால்,

இயக்க ஆற்றல் $= \tfrac{1}{2}mv^2$

$A$-ல் அதன் தொடக்கத் திசைவேகம் $= o$

$G$-ல் அதன் இறுதித் திசைவேகம் $= v$

அது கடந்த உயரம் $= h$

அதன் முடுக்கம் $= g$

$\therefore \quad v^2 = o^2 + 2gh$

அல்லது, $v^2 = 2gh$

எனவே, $G$-ல் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} m \times 2gh$

$= mgh$

$\therefore$ மொத்த ஆற்றல் $o + mgh = mgh$.

இனி, $A$-க்கும் $G$-க்கும் இடையில் நில மட்டத்திலிருந்து $x$ என்ற உயரத்திலுள்ள $B$ என்ற புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம். அங்குப் பொருளின் திசைவேகம் $v_1$ ஆக இருக்கட்டும்.

$B$-ல் :

நிலையாற்றல் $= mgh$

இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} m v_1^2$

$A$-ல் அதன் தொடக்கத் திசை வேகம் $= o$

$B$-ல் அதன் இறுதித் திசை வேகம் $= v_1$

அது கடந்த உயரம் $= (h - x)$

அதன் முடுக்கம் $= g$

$\therefore \quad v_1^2 = o^2 + 2g(h - x)$

அல்லது, $v_1^2 = 2g(h - x)$

எனவே, $B$-ல் இயக்க ஆற்றல் $= mg(h - x)$

$\therefore$ மொத்த ஆற்றல் $= mgx + mg(h - x)$

$= mgh$.

இவ்வாருக, பொருள் $A$-லிருந்து $G$-ஐ வந்தடையும் வரை எல்லா நிலைகளிலும் அதன் மொத்த ஆற்றல் ஒரே அளவாக, அதாவது $mgh$ ஆக இருப்பதால் ஆற்றல் அழிவின்மை விதி மெய்ப்பிக்கப்படுகிறது.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு மில்லியன் டைன்கள் அளவுள்ள விசை ஒரு பொருளின்மீது செயற்பட்டு அதனை 1 மீட்டர் தொலைவு நகர்த்துமாயின், செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடுக.

$F = 10,00,000$ டைன்கள்

$s = 100$ செ.மீ.

$w = ?$

$w = F \times s$

$= 10,00,000 \times 100$ எர்குகள்

$w = 10$ ஜூல்கள்

$\therefore$ செய்யப்பட்ட வேலை $= 10$ ஜூல்கள்

2. நீர் மட்டத்திலிருந்து 110 அடி உயரத்திலுள்ள 20 அடி நீளம், 10 அடி அகலம், 9 அடி உயரம் உள்ள ஒரு நீர்த் தொட்டியை ஒரு மின் மோட்டார் ஒரு மணி நேரத்தில் நிரப்புகிறது. இதற்குத் தேவையான திறனைக் கணக்கிடுக. மோட்டாரின் இயக்குதிறன் (efficiency) 60 சதவீதம் என்றால், அதன் திறனைக் குதிரைத் திறனில் கணக்கிடுக (1 கன அடி நீரின் எடை = 62·5 பவுண்டு).

ஒரு பவுண்டு எடையை ஓர் அடி உயரம் தூக்குவதற்குத் தேவையான வேலை = 1 அடி-பவுண்டு.

தொட்டியின் கொள்ளளவு $= 20 \times 10 \times 9$ கன அடி

நிரப்பப்பட வேண்டிய நீரின் எடை $= 20 \times 10 \times 9 \times 62{\cdot}5$ பவுண்டு

நீர் தூக்கப்படவேண்டிய உயரம் $= 110$ அடி.

$\therefore$ செய்யப்படவேண்டிய வேலை $= 20 \times 10 \times 9 \times 62{\cdot}5 \times 110$ அடி-பவுண்டு

நேரம் = 1 மணி $= 60 \times 60$ நொடி

தேவையான திறன் $= \dfrac{20 \times 10 \times 9 \times 62{\cdot}5 \times 110}{60 \times 60}$ அடி-பவுண்டு/விநாடி

$= \dfrac{20 \times 10 \times 9 \times 62{\cdot}5 \times 110}{60 \times 60 \times 550}$ குதிரைத் திறன்

$= 6{\cdot}25$ குதிரைத் திறன்

மோட்டாரின் இயக்குதிறன் $= 60\%$

எனவே, அதன் திறன் $= \dfrac{6{\cdot}25 \times 10}{6}$

$= 10{\cdot}4$ குதிரைத் திறன்

எனவே, தேவையான திறன் $= 6{\cdot}25$ குதிரைத் திறன்

மின் மோட்டாரின் திறன் $= 10{\cdot}4$ குதிரைத் திறன்.

3. 10 கிராம் எடையுள்ள ஒரு பொருள் 100 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து தானே விழுகிறது. நில மட்டத்தில் அது பெறும் இயக்க ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

[$g = 980$ செ.மீ./விநாடி$^2$]

ஆற்றல் அழிவின்மை விதியின்படி நிலமட்டத்தில் அதன் இயக்க ஆற்றல் 100 மீட்டர் உயரத்தில் அதன் நிலையாற்றலுக்குச் சமம்.

$m = 10$ கிராம்
$h = 100$ மீட்டர் $= 10{,}000$ செ.மீ.
$g = 980$ செ.மீ./விநாடி$^2$

நிலையாற்றல் $= mgh$
$= 10 \times 980 \times 10{,}000$ எர்குகள்
$= 9{\cdot}8$ ஜூல்கள்
$= \dfrac{980 \times 1{,}00{,}000}{980}$ செ.மீ.-கிராம்கள்
$= 1{,}00{,}000$ செ.மீ.-கிராம்கள்.

எனவே, நிலமட்டத்தில் பொருளின் இயக்க ஆற்றல் 9·8 ஜூல்கள் அல்லது 1,00,000 செ.மீ.-கிராம்கள்.

4. ஒரு துப்பாக்கி 30 கிராம் நிறையுள்ள குண்டுகளை விநாடிக்கு 32 வீதம் சுடுகிறது. குண்டுகள் ஒவ்வொன்றும் விநாடிக்கு 100 மீட்டர் வேகத்தில் செல்லுமாயின் துப்பாக்கியால் 1 விநாடியில் செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடுக.

துப்பாக்கி 1விநாடியில் செய்யும் வேலை, 1 விநாடியில் சுடப்பட்ட குண்டுகள் பெற்ற மொத்த இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமம்.

1 விநாடியில் சுடப்படும் குண்டுகள் $= 32$

1 குண்டின் நிறை $(m) = 30$ கிராம்

வேகம் $(v) = 100$ மீட்டர்/விநாடி
$= 10{,}000$ செ.மீ./விநாடி

இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 30 \times 10{,}000 \times 10{,}000$ எர்குகள்.

1 விநாடியில் சுடப்படும் குண்டுகளின் மொத்த இயக்க ஆற்றல் $= 32 \times \frac{1}{2} \times 30 \times 10^8$ எர்குகள்
$= 4{,}800$ ஜூல்கள்

எனவே, துப்பாக்கி செய்யும் வேலை $= 4{,}800$ ஜூல்கள்.

## வினாக்கள்

1. வேலை, திறன், ஆற்றல் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக. அவற்றின் அலகுகளைக் கூறுக.

2. இயக்க ஆற்றல், நிலையாற்றல் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக. ஒரு பொருளின் இயக்க ஆற்றல், நிலையாற்றில் ஆகியவற்றிற்கான கோவைகளைப் பெறுக.

3. ஆற்றல் அழிவின்மை விதியை விளக்கிக் கூறுக. தானே விழும் பொருளைக் கொண்டு ஆற்றல் அழிவின்மை விதி எவ்வாறு மெய்ப்பிக்கப்படுகிறது?

4. 15 கிலோகிராம் நிறையுள்ள ஒரு பொருள் 20 மீட்டர் உயரத்திற்குத் தூக்கப்படும்போது செய்யப்பட்ட வேலை எவ்வளவு? ($g=980$ செ.மீ/விநாடி$^2$)

[2,940 ஜூல்கள், $30\times106$ செ.மீ.-கிராம்]

5. பாரந்தூக்கி (crane) ஒன்று 15 டன் நிறையுள்ள ஒரு பொருளை 3 நிமிடங்களில் 55 அடி உயரத்திற்குச்செங்குத்தாகத் தூக்குகிறது. பாரந்தூக்கியின் குதிரைத்திறனைக் கணக்கிடுக.

[18·7 h.p.]

6. ஒரு தீயணைக்கும் எஞ்சின் 150 அடி உயரத்திற்குத் தண்ணீரைச் செலுத்துகிறது. நிமிடத்திற்கு 600 காலன்கள் நீரை அது செலுத்துமாயின், தேவைப்படும் திறனைக் கணக்கிடுக. எஞ்சின் இயக்குதிறன் 60% ஆயின் எஞ்சின் பெறும் திறனைக் கணக்கிடுக. (1 காலன் நீரின் எடை 10 பவுண்டு)

[27·3 h.p.; 45·5 h.p.]

7. விநாடிக்கு 20 மீட்டர் வேகத்தில் செல்லும் 50 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு பொருள், விநாடிக்கு 30 அடி வேகத்தில் செல்லும் 15 பவுண்டு நிறையுள்ள ஒரு பொருள் ஆகியவற்றின் இயக்க ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

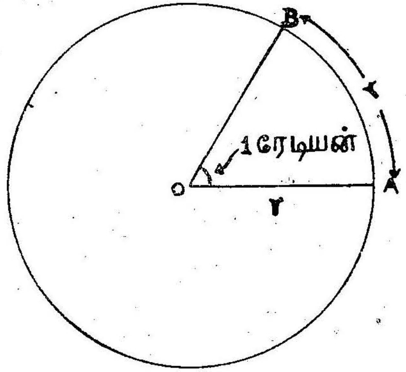
[10 ஜூல்கள்; 6,750அடி-பவுண்டல்கள்]

8. 75 அடி உயரத்திலுள்ள 10,000 காலன்கள் கொள்ளளவு உள்ள ஒரு நீர்த்தொட்டியை 3மணி நேரத்தில் நிரப்பக்கூடிய ஓர் எஞ்சினின் குதிரைத்திறனைக் கணக்கிடுக.

[0 47 h.p.]

## வட்ட இயக்கம் (Circular motion)

வட்ட இயக்கத்தைப்பற்றிப் பார்க்குமுன் கோண அளவைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ளுதல் வேண்டும். பொதுவாகக் கோணத்தைப் பாகை (degree) என்ற அலகினுலும், கலை (minute) என்ற அலகினுலும் அளவிடுகிருேம். கோணத்தை ரேடியன் (radian) என்ற அலகினுலும் அளவிடலாம். ஆரத்தின் நீளத்திற்குச் சமமான நீளத்தையுடைய வட்ட வில் வட்டத்தின் மையத்தில் தாங்கும் கோணம் ஒரு ரேடியன் ஆகும்.




படம் 2.9

படம் 2·9–ல்

$$AB = OA = OB$$

$$A\hat{O}B = 1 \text{ ரேடியன்}$$

ஒரு ரேடியன் என்பது $\frac{180}{\pi}$ பாகைக்குச் சமமாகும்.

அதாவது,

$$1 \text{ ரேடியன்} = \frac{180^\circ}{\pi}$$

அல்லது, $\pi$ ரேடியன்கள் $= 180^\circ$

வட்டப்பாதை ஒன்றில் செல்லும் துகளின் இயக்கத்தை வட்ட இயக்கம் என்று கூறுகிருேம்.

**கோணத் திசைவேகம்** (Angular velocity)

$v$ என்ற மாரு வேகத்துடன் $r$ என்னும் ஆரத்தையுடைய வட்டத்தின் பரிதியின் வழியாகச் செல்லும் ஒரு துகளைக் கருதுவோம். துகளையும் வட்ட மையத்தையும் இணைக்கும் நேர்கோடு ஆர வெக்டர் (radius vector) எனப்படும். படம் 2.9-ல் $A$ என்பது துகளானுல், $OA$ என்பது ஆர வெக்டர்.

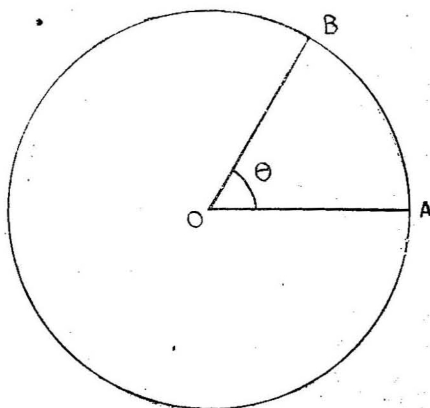
வட்டப்பரிதியின் வழியாகத் துகள் இயங்கும்போது ஆர வெக்டர் வட்ட மையத்தை மையமாகக் கொண்டு சுழலுகிறது. அவ்வாறு சுழலும்போது வட்ட மையத்தில் ஒரு கோணத்தை விளைவிக்கிறது (sweeps).

**ஆர வெக்டர் ஒரு விஞடி நேரத்தில் விளை விக்கும் கோணம் கோணத் திசை வேகம்** என்று அழைக்கப்படுகிறது

கோணத் திசை வேகம் ω (ஒமேகா - omega) என்னும் எழுத்தால் குறிப்பிடப்படுகிறது. $t$ விஞடியில் ஆர வெக்டர் விளைவிக்கும் கோணம் θ(தீட்டா-theta) ரேடியன்கள் என்ருல்,

$$\text{கோணத் திசைவேகம் } (\omega) = \frac{\theta}{t} \quad \text{.........ச.2.13}$$

கோணத் திசைவேகத்தின் அலகு, ரேடியன்கள்/விஞடி ஆகும்.




படம் 2.10

**கோணத் திசைவேகமும் நேர்கோட்டு வேகமும்** (linear velocity)

படம் 2.10-ல் $A$ என்பது துகளின் தொடக்க நிலையையும், $B$ என்பது $t$ விஞடியின் இறுதியில் அதன் நிலையையும் குறிக்கட்டும்.

$A\hat{O}B = \theta$

$AB = S$ ஆயின்,

கோண வேகம் $(\omega) = \frac{\theta}{t}$

நேர்கோட்டு வேகம் $v = \frac{s}{t}$

வட்டத்தின் ஆரம் $= r$ ஆனால்,

$s = r\theta$

$\therefore \quad v = \frac{r\theta}{t}$

ஆனல், $\frac{\theta}{t} = \omega$

$\therefore \quad v = r\omega$ .........ச.2.14

**சுழற்சி நேரமும் சுழற்சி அடுக்கமும்** (Period and frequency of revolution)

**துகள் ஒரு முறை வட்டத்தைச் சுற்றி வருவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் கால அளவு அதன் சுழற்சி நேரம் எனப்படுகிறது. அது $T$ எனும் எழுத்தால் குறிப்பிடப் படும்.**

துகள் ஒரு முறை வட்டத்தைச் சுற்றிவரும் நேரத்தில் அதாவது $T$ விநாடியில் ஆர வெக்டர் வட்ட மையத்தில் விளைவிக்கும் கோணம் $2\pi$ ரேடியன்கள்.

எனவே, கோணத் திசைவேகம் $(\omega) = \frac{2\pi}{T}$

$\therefore$ சுழற்சி நேரம் $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ....ச.2.15

**சுழற்சி அடுக்கம் என்பது ஒரு விநாடியில் துகளின் வட்டச் சுற்றெண்ணிக்கையாகும்.**

அதாவது, ஒரு விநாடியில் துகள் $n$ முறைகள் சுற்றி வந்தால் சுழற்சி அடுக்கம் $n$ ஆகும்.

சுழற்சிக் காலம் $T$ என்றால்

$T$ விநாடியில் துகள் ஒரு முறை சுற்றி வரும்.

$\therefore$ 1 விநாடியில் $\frac{1}{T}$ முறையில் சுற்றி வரும்.

எனவே, சுழற்சி அடுக்கம் $n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ ......ச. 2.16

**லம்ப முடுக்கம்** (Normal acceleration)

ஒரு நேர்கோட்டில் சீரான வேகத்துடன் சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு பொருள் அதன்மீது ஒரு விசை செயற்பட்டாலன்றி அதன் திசையோ வேக மதிப்போ மாறாது. அதன் மீது செயற்படும் விசை அது செல்லும் திசையிலேயே செயற்பட்டால் அதன் வேக மதிப்பை மட்டும் மாற்றும்; அதன் திசைக்கு நேர்குத்துத் திசையில் விசை செயற்பட்டாலோ அதன் திசையை மட்டுமே மாற்றும்; வேறு எத்திசையில் ஈடுபட்டாலும் இரண்டும் மாறுபடும்.

வட்டப் பரிதியின் வழியே மாறா வேகத்துடன் செல்லும் ஒரு துகளைப் பொறுத்தவரை அதன் திசைமட்டுமே தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டே இருக்கிறது. எனவே, அது செல்லும் திசைக்கு நேர்குத்துத் திசையில் எப்போதும் ஒரு குறிப்பிட்ட விசை செயற்படுகிறது. மேலும், ஒரு பொருளின்மீது ஒரு விசை செயற்படும்போது விசையின் திசையில் அப் பொருளுக்கு ஒரு முடுக்கம் ஏற்படுகிறது. எனவே, வட்டப் பரிதியின் வழிச்செல்லும் எத்துகளும் ஆரத்தின்வழியே வட்டமையத்தை நோக்கி முடுக்கம் கொள்கிறது. இம் முடுக்கத்திற்கு லம்ப முடுக்கம் என்று பெயர்.

ஒரு துகள், $r$ என்ற ஆரத்தையுடைய வட்டப்பரிதியின் வழியே $\omega$ என்ற கோணத் திசைவேகத்துடனும், $v$ என்ற நேர்கோட்டு வேகத்துடனும் இயங்குமாயின் அதன் லம்ப முடுக்கம்

$$= r\omega^2 = \frac{v^2}{r}$$

## மையநோக்கு விசையும் மையவிலக்கு விசையும்

(Centripetal force and Centrifugal force)

வட்டப் பரிதிவழிச் செல்லும் துகளின்மீது வட்டமையத்தை நோக்கிச் செயற்படும் விசை **மையநோக்கு விசை** எனப்படும்.

துகளின் நிறை $m$ ஆயின், மையநோக்கு விசை $= \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2$

..........ச. 2.17

இந்த மைய நோக்கு விசை பல வகைகளில் உருவாகிறது. கயிற்றில் ஒரு முனையில் கட்டப்பட்டுச் சுழற்றப்படும் ஒரு கல்லின் இயக்கத்தில் கயிற்றின் இழுவிசை இந்த மைய நோக்கு விசையாகும். வளைவுப் பாதையில் செல்லும் ஒரு வண்டியைப் பொறுத்தவரையில் வண்டியின் சக்கரத்திற்கும் தரைக்குமிடையே உள்ள உராய்வு இவ்விசையைத் தருகிறது.

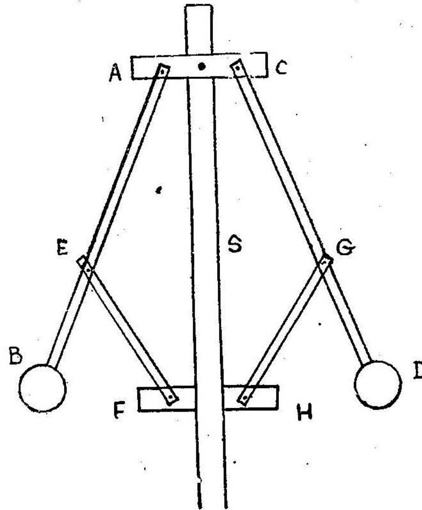
கயிற்றின் ஒரு முனையில் கட்டப்பட்ட கல்லை ஒருவன் சுழற்றும்போது கயிற்றின் இழுவிசை கல்லின் லம்ப முடுக்கத் திற்குத் தேவையான விசையைக் கொடுக்கிறது. நியூட்டனின் மூன்ருவது விதிப்படி கயிறு மனிதனின் கையில் அதன் இழு விசைக்குச் சமமான எதிரான ஒரு விசையைச் செயற் படுத்துகிறது. அதாவது, மையத்தை விட்டு விலகும் திசையில் ஒரு விசையைச் செயற்படுத்துகிறது. இவ் விசை மைய விலக்கு விசை (centripetal force) எனப்படும்.

**பயன்கள்**

மைய விலக்கு விசையை அடிப்படையாகக் கொண்டு பயனுறு கருவிகள் ஆக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றுள் 'வாட்'டின் வேகங்காக்கும் விசையமைவு (watt's governor) ஒன்ருகும். இது நீராவி எந்திரத்தில் அதன் சுழற்சி வேகத்தைக் கட்டுப் படுத்தப் பயன்படுகிறது.

இதில் $S$ என்ற ஊடச்சு (spindle) ஒன்று உள்ளது (படம் 2.11). இது நீராவி எந்திரத்தின் சக்கரத்துடன் இணைக்கப் பட்டு, அதன் கோணவேகத்துடனேயே சுழலுகிறது. அதனுடன் $AB$, $CD$ என்ற உலோகச் சட்டங்கள் படத்தில் காட்டியபடி இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவற்றின் மறு முனைகளில் $B$, $D$ என்ற உலோகக் குண்டுகள் பொருத்தப்பட் டுள்ளன. இந்த உலோகச் சட்டங்கள் $EF$, $GH$ என்னும் மற்றுமிரு உலோகச் சட்டங்களால் ஊடச்சின் மீது மேலும் கீழும் அசையக்கூடிய ஓர் உலோக வளையத்துடன் ($R$) இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வளையத்துடன் ஒரு நெம்பு

கோல் (lever) அமைப்பு இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. நெம்புகோல் அமைப்பு, வளையம் மேல்நோக்கி நகரும்போது எந்திரத்திற்கு



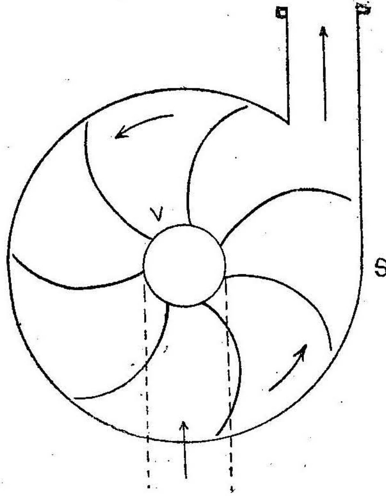

படம் 2.11

நீராவி வரும் பாதையை மூடும்படியும், வளையம் கீழ்நோக்கி வரும்போது திறக்கும்படியும் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

எந்திரம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குமேல் வேகமாக இயங்கும்போது ஊடச்சு வேகமாகச் சுழலுகிறது. இதனால் $B$, $D$ ஆகிய இரு குண்டுகளின் மீது செயற்படும் மைய விலக்கு விசை அதிகமாகிறது. எனவே, குண்டுகள் ஊடச்சைவிட்டு விலகிச் செல்லுகின்றன. அதன் பயனாய் உலோக வளையம் மேல்நோக்கிச் சென்று நீராவி வரும் பாதையை மூடச் செய் கிறது. எனவே, எந்திரத்தின் வேகம் குறிப்பிட்ட அளவுக்குக் குறைகிறது.

மையவிலக்கு விசையை அடிப்படையாகக் கொண்ட மற்றொரு கருவி மையவிலக்குப் பம்பு (centrifugal pump) ஆகும். இது கிணற்றிலிருந்து நீர் இறைக்கவும் அறைகளில் காற்றோட் டத்தை உண்டுபண்ணவும் பயன்படுகிறது. அத்தகைய குழாய் ஒன்றின் எளிய அமைப்பைப் படம் 2.12-ல் காணலாம். இதில் $S$ என்ற ஓர் உலோகப் பொதியுறையினுள் (casing) $V$ என்ற சுழலும் காற்றுடி (vane) உள்ளது. காற்றுடி சுற்றும்

போது உறையினுள் உள்ள நீர் அல்லது காற்று மைய விலக்கு விசையால் பக்கச்சுவர்களை நோக்கித் தள்ளப்படுகிறது. அவ்வாறு தள்ளப்படும் நீர் அல்லது காற்று வெளிச்செல்லும் வழி




படம் 2.12

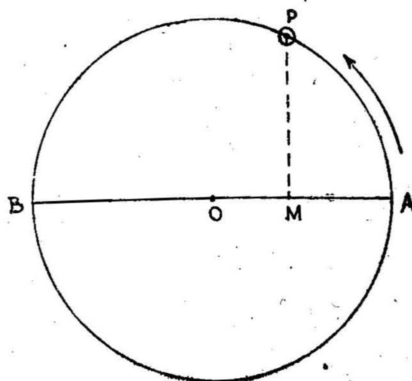
யால் வெளித்தள்ளப்படுகிறது. உறையினுள் இருக்கும் நீர் அல்லது காற்று பக்கச் சுவர்களை நோக்கித் தள்ளப்படுவதால் மையத்தில் ஏற்படும் வெற்றிடத்தை (vacuum) நிரப்பக் கிணற்றிலிருந்து நீர் அல்லது வெளிக்காற்று காற்றாடியின் அச்சுக்கு இணையாக இணைக்கப்பட்ட குழாய் வழியே பொதியுறையினுள் நுழைகிறது.

## சீரிசை இயக்கம் (Simple Harmonic motion)

இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையே முன்னும் பின்னும் ஒரு சீராக நிகழும் எந்த ஓர் இயக்கமும் சீரிசை இயக்கமாகும். தனி ஊசலின் இயக்கம் இதற்கு ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டு.

**ஒரு துகளின் முடுக்கம், அது இயங்கும் பாதையிலுள்ள ஒரு நிலையான புள்ளியைநோக்கி எப்போதும் செயற்படுமாறு அமைவதோடு, அப்புள்ளியிலிருந்து துகளின் தொலைவுக்கு நேர்விகிதத்திலும் இருப்பின் துகள் சீரிசை இயக்கத்தைக் கொண்டுள்ளது என்று கூறப்படும்.**

தனி ஊசல் இயங்கும்போது அதன் குண்டு ஒரு கோடியி லிருந்து நடுநிலைக்கு வரும்போது அதன் வேகம் அதிகரிக் கிறது. அதாவது, அதன் முடுக்கம் நடுநிலையை நோக்கி உள்ளது. நடுநிலையிலிருந்து மறு கோடிக்குச் செல்லும்போது அதன் வேகம் குறைகிறது. அதாவது, அதன் இயக்கத் திசையில் எதிர்முடுக்கம் கொண்டுள்ளது. இதனையே அதன் இயக்கத்திசைக்கு எதிர்த்திசையில் முடுக்கம் கொண்டுள்ளது என்றும் கூறலாம். எனவே, நடுநிலையிலிருந்து மறு கோடிக்குச் செல்லும்போதும் அதன் முடுக்கம் நடுநிலையை நோக்கியே இருக்கிறது. ஆகவே, ஊசல் குண்டின் முடுக்கம் எப்போதும் ஊசலின் நடுநிலையை நோக்கியே உள்ளது. அன்றியும், குண்டின் முடுக்கம் குண்டு நடுநிலையில் இருக்கும்போது உள்ளதைவிடக் கோடியில் இருக்கும்போது அதிகமாக இருக்கும். எனவே, ஊசல் குண்டின் இயக்கம் ஒரு சீரிசை இயக்கம் ஆகும்.



படம் 2.13

சீரிசை இயக்கத்தை மற்றொரு முறையிலும் வரையறுக்க லாம். **ஒரு வட்டத்தின் பரிதியின் வழியே சீராகச் செல்லும் துகளிலிருந்து விட்டம் ஒன்றின்மீது இறங்கும் குத்துக் கோட்டின் அடித்தலம்** (foot of the perpendicular) **அவ் விட்டத்தின்மீது கொண்டுள்ள இயக்கம் சீரிசை இயக்கம் ஆகும்.**

படம் 2.13-ல் $P$ என்பது $O$ என்ற புள்ளியை மையமாகக் கொண்ட ஒரு வட்டத்தின் பரிதியின் வழியே சீரான வேகத் துடன் இயங்கும் ஒரு துகள். $M$ என்பது $AOB$ என்ற

விட்டத்தின்மீது துகளிலிருந்து இறங்கும் குத்துக்கோட்டின் அடித்தலமாகும். துகள் $A$-லிருந்து தொடங்கி வட்டப்பரிதி வழியே கடிகார எதிர்த்திசையில் இயங்கும்போது $M$, $AOB$-ன் மீது $A$-க்கும் B-க்குமிடையே முன்னும் பின்னும் அசையும். மேலும், $M$-ன் முடுக்கம் எப்போதும் $O$ஐ நோக்கியே இருக்கிறது என்றும், $O$–லிருந்து அதன் தொலேவுக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கிறது என்றும் காட்டலாம்.

## விளுக்கள்

1. ஒரு பொருளின் கோணத் திசைவேகத்தை வரையறுத்துக் கூறுக. கோணத் திசைவேகத்திற்கும் நேர்கோட்டு வேகத்திற்கும் உள்ள தொடர்பைப் பெறுக.

2. மைய விலக்குவிசை, மைய நோக்குவிசை ஆகியவற்றை எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக. அவை பயன் படும் சில கருவிகளேயும் விளக்குக.

3. 10 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு பொருள் 70 செ.மீ. ஆரமுள்ள ஒரு வட்டப் பரிதியின் வழியே விளுடிக்கு 70 செ.மீ. மாருத வேகத்துடன் இயங்குகிறது. அதன் மையநோக்கு விசை, கோணத் திசைவேகம், சுழற்சி நேரம், சுழற்சி அடுக்கம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. [700 டைன்கள், 1 ரேடியன்/ விளுடி, 6·28 விளுடி ·16 சுழற்சி/விளுடி]

4. சீரிசை இயக்கத்தை வரையறுத்துக் கூறி இரு எடுத்துக்காட்டுகளேத் தருக.

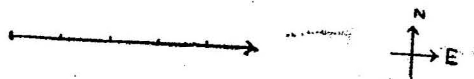
# 3. நிலையியல்

## (Statics)

இயக்கவியலில் ஒரு விசை ஒரு பொருளின்மீது செயற்படும் போது அப் பொருளில் ஏற்படும் இயக்கத்தைப்பற்றிப் பார்த்தோம். இப் பகுதியில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட விசைகள் செயற்பட்டும் சமநிலையில் உள்ள பொருள்களைப்பற்றிப் பார்ப்போம்.

**விசையின் வரை உருவமைப்பு** (Graphical representation)

முதலில் ஒரு விசையை எவ்வாறு குறிப்பிடுவது என்று கூறவேண்டும். விசை என்பது திசை சார்ந்த அளவாகிய வெக்டராதலால், அதனைக் குறிக்க, அதன் எண் மதிப்பையும் திசையையும் குறிக்கவேண்டும். எனவே, விசையை, விசையின் எண்மதிப்புக்குரிய நீளத்தையும் ஓர் அம்புக் குறியையும் கொண்ட நேர்கோட்டினால் குறிக்கிறோம். அம்புக்குறி விசையின் திசையைக் குறிக்கிறது; நேர்கோட்டின் நீளம் ஒரு பொருத்தமான அளவுத் திட்டத்தின்படி (scale) விசையின் எண்மதிப்பைக் குறிக்கிறது. காட்டாக, கிழக்கு நோக்கிச் செயற்படும் 50 டைன் விசையைக் குறிக்கவேண்டியிருந்தால், கிழக்கு முகமாக அம்புக்குறியைக் கொண்ட $AB$ என்ற 5 செ.மீ. நீளமுள்ள நேர்கோடு ஒன்றை வரைந்து




படம் – 3·1

குறிக்கலாம். [படம் 3.1]· இங்கு 1 செ.மீ. நீளக்கோடு 10 டைன் விசையைக் குறிக்கிறது. $A$ அல்லது $B$, விசை செயற்படு

புள்ளியாகும் (point of application of force). இக் கோடு விசைக் கோடு (line of force) எனப்படும்.

**தொகுபயன்** (Resultant)

ஒரு பொருளின்மீது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட விசைகள் பல் வேறு திசைகளில் ஒரே காலத்தில் செயற்படும்போது அப் பொருள் அவ் விசைகளின் கூட்டுப்பலனை உணருகிறது. பல விசைகள் பல்வேறு திசைகளில் செயற்பட்டு விளைவிக்கும் பலனை ஒரே ஒரு விசையினாலும் விளைவிக்க முடியும். அத்தகைய ஒற்றை விசை அந்த விசைகளின் தொகுபயன் எனப்படும்.

**பல்வேறு திசைகளில் செயற்படும் பல்வேறு விசைகளின் தொகுபயன் என்பது அந்தப் பல விசைகள் ஒருங்கே விளைவிக்கும் கூட்டுப்பலனை விளைவிக்கக்கூடிய ஒற்றை விசையாகும்.**

**ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் இரண்டு விசைகளின் தொகு பயன்**

ஒரே திசையில் செயற்படும் இரண்டு விசைகளின் தொகு பயன் அவைகளின் கூட்டல் தொகைக்குச் சமமாய் அமைந்து அவைகளின் திசையிலேயே செயற்படும்.

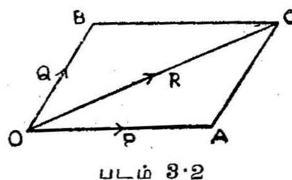
எதிர்த் திசைகளில் செயற்படும் இரண்டு விசைகளின் தொகுபயன் அவ்விரு விசைகளின் வேறுபாட்டுக்குச் சமமாய் அமைந்து அவ் விரு விசைகளுள் பெரிய விசையின் திசையில் செயற்படுகிறது.

ஒன்றுக்கொன்று சாய்ந்த வெவ்வேறு திசைகளில் செயற் படும் இரண்டு விசைகளின் தொகுபயன் விசைகளின் இணைகர விதி (law of parallelogram of forces) என்னும் விதியால் கிடைக்கப்பெறும்.

**விசைகளின் இணைகர விதி**

**ஒரு புள்ளியில் வெவ்வேறு திசைகளில் செயற்படும் இரண்டு விசைகளின் எண்மதிப்பு, திசை ஆகியவற்றை ஓர் இணைகரத்தின் அடுத்தடுத்த பக்கங்களால் குறித்தால் அப் புள்ளி வழியே செல்லும் இணைகரத்தின் மூலைவிட்டம் அவ் விரு விசைகளின் தொகுபயனின் எண்மதிப்பு, திசை ஆகிய வற்றைக் குறிக்கும்.**

$P.Q$ என்ற விசைகள் $O$ என்ற புள்ளியில் செயற்படுவதாக கொள்வோம் [படம் 3.2]. அவற்றின் தொகுபயனைக் காண அவைகளின் எண் மதிப்பையும், திசையையும் குறிக்கும் வகையில் பொருத்தமான ஓர் அளவுத்திட்டத் தின்படி $OA$, $OB$ என்ற கோடுகளை வரையவும். பின், $OACB$ என்ற இணை கரத்தை வரைந்து முடித்தால், $OC$ என்ற மூலைவிட்டம் $P$, $Q$ ஆகிய விசைகளின் தொகுபயனின் எண்மதிப்பையும், திசையையும் குறிக்கும்.

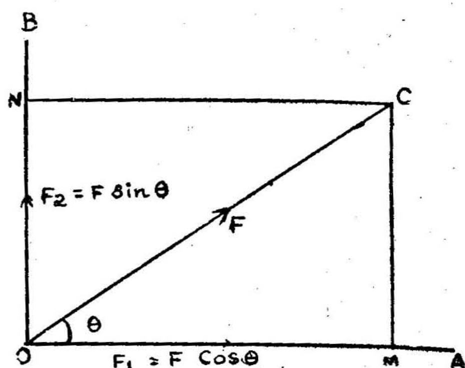


படம் 3·2

**விசைப் பிரிவீடு** (Resolution of forces)

இதுவரைப் பல்வேறு விசைகளின் தொகுபயனைப்பற்றிக் கண்டோம். பல்வேறு விசைகளை ஒற்றைவிசை ஒன்றுல் எவ்வாறு மாற்றீடு செய்ய முடியுமோ அவ்வாறே ஒற்றைவிசை ஒன்றினைப் பல்வேறு விசைகளால் மாற்றீடு செய்ய முடியும். இந்தப் பல்வேறு விசைகள் ஒற்றைவிசையின் **ஆக்கக்கூறுகள்** (components) எனப்படுகின்றன. இவ்வாறு ஒற்றைவிசையைப் பல்வேறு ஆக்கக்கூறுகளாகப் பிரிப்பதை விசைப் பிரிவீடு என்று **அழைக்கிறோம்.**

பொதுவாக, ஒரு விசையை ஒன்றுக்கொன்று நேர்குத்தா யுள்ள இரண்டு விசைகளாகப் பிரிப்பது வழக்கம். இவ்வாறு




படம்–3·3

பிரிப்பதற்கு ஆக்கக்கூறுகளின் திசைகள் தெரியவேண்டும். இல்லாவிட்டால், விசையைப் பல்வேறு வகைகளில் பிரிக்க

லாம். காட்டாக, $OC$ என்ற நேர்கோட்டால் குறிக்கப்படும் $F$ என்ற விசையை $OA$, $OB$ என்ற இரு நேர்குத்துத் திசைகளில் [படம் 3.3]பிரிவீடு செய்யவேண்டி யிருப்பதாகக் கொள்வோம். $OA$ திசை, $F$-ன் திசை ஆகியவற்றிற்கிடையேயுள்ள கோணம் $\theta$ என்று இருக்கட்டும். $C$-லிருந்து $OA$-க்கும், $OB$-க்கும் $CM$, $CN$ என்ற இரு நேர்குத்துக் கோடுகளை வரையவும். $OMCN$ என்பது ஓர் இணைகரம் (இங்கு ஒரு செவ்வகம்). $OM$, $ON$ கோடுகள் $F_1$, $F_2$ என்ற விசைகளைக் குறிக்குமாயின், இணைகர விதியின்படி $OC$ அவற்றின் தொகுபயனைக் குறிக்கும். எனவே, $OM$, $ON$ கோடுகள் $F$ என்ற விசையின் ஆக்கக் கூறுகளாகும்.

படத்தில், $\frac{OM}{OC} = \cos\theta$

அல்லது, $OM = OC \cos\theta$.

எனவே, $OA$ திசையில் $F$-ன் ஆக்கக்கூறு

$$F_1 = F\cos\theta \qquad \text{.........ச. 3.1}$$

மேலும், $\frac{ON}{OC} = \frac{CM}{OC} = \sin\theta$

அல்லது $ON = OC\sin\theta = F\sin\theta$

எனவே, $OA$-க்கு நேர்குத்துத் திசையில் $F$-ன் ஆக்கக்கூறு

$$F_2 = F\sin\theta \qquad \text{.........ச. 3.2}$$

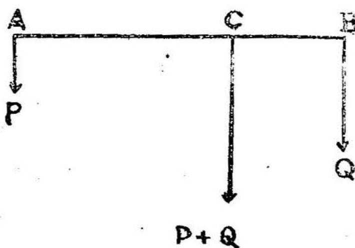
$F$ என்ற விசையின் திசையோடு $\theta$ என்ற கோணத்தை ஏற்படுத்தும் திசையில் $F$-ன் ஆக்கக்கூறு $F\cos\theta$ ஆகும். இந்த ஆக்கக்கூறுக்கு நேர்குத்துத் திசையில் $F$-ன் ஆக்கக் கூறு $F\sin\theta$ ஆகும்.

இதுவரை ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் இரண்டு விசைகளின் தொகுபயனைப்பற்றிப் பார்த்தோம். இனி, ஒரு பொருளின்மீது வெவ்வேறு புள்ளிகளில் செயற்படும் இணையான விசைகளின் தொகுபயனைப் பற்றிப் பார்ப்போம்.

**இணைவிசைகள்** (parallel forces)

இரண்டு விசைகளைக் குறிக்கும் கோடுகள் இணையாக இருப்பின் அவ் விசைகள் இணைவிசைகள் என அழைக்கப் படுகின்றன. அவைகள் ஒரே திசையில் செயற்படுமாயின் ஒரு போக்கு இணைவிசைகள் (like parallel forces) எனவும், எதிர்த் திசைகளில் செயற்படுமாயின் எதிர்ப்போக்கு இணைவிசைகள் (unlike parallel forces) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

**இரண்டு ஒரு போக்கு இணைவிசைகளின் தொகுபயன் :** $P$, $Q$ என்ற இரண்டு ஒரு போக்கு இணைவிசைகள் $A$, $B$ என்ற புள்ளிகளில் செயற்படுவதாகக் கொள்வோம் [படம் 3.4]. அவைகளின் தொகுபயனின்




(i) எண்மதிப்பு $P+Q$ ஆகும் ;

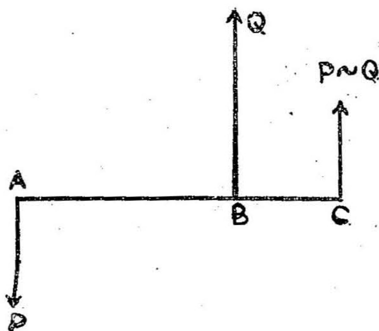
(ii) அது $A$-க்கும் $B$-க்கும் இடையில் $AB$ஐ விசைகளின் எதிர்விகிதத்தில் (inverse ratio) அகவியலாகப்(internally) பிரிக்கும் $C$ என்ற புள்ளியில் செயற்படுகிறது ;

அதாவது, $$\frac{P}{Q}=\frac{BC}{AC};$$

அல்லது $$P\times AC=Q\times BC;$$

(iii) அது $P$, $Q$ ஆகியவற்றின் திசையிலேயே செயற்படுகிறது.

**இரு எதிர்போக்கு இணைவிசைகளின் தொகுபயன் :** $P$, $Q$ என்ற இரு எதிர்போக்கு இணைவிசைகள் $A$, $B$ என்ற




படம் 3.5

புள்ளிகளில் செயற்படுவதாகக் கொள்வோம் [படம் 3.5] அவற்றின் தொகுபயனின்

(i) எண் மதிப்பு அவ் விசைகளின் வேறுபாட்டிற்குச் ($P \backsim Q$) சமமாகும் ;

(ii) அது $AB$-க்கு வெளியே $AB$ஐ விசைகளின் எதிர் விகிதத்தில் புறவியலாகப் (externally) பிரிக்கும் $C$ என்ற புள்ளியில் செயற்படுகிறது ;

அதாவது, $\frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}$;

அல்லது $P \times AC = Q \times BC$;

(iii) அவற்றுள் பெரிய விசையின் அருகிலும் அவ் விசையின் திசையிலும் அது செயற்படும்.

**விசையின் திருப்புதிறன்** (Moment of a force)

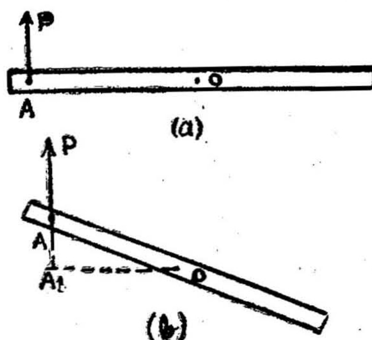
வளையாத ஒரு பொருளின்மீது ஒரு விசை செயற்படும்போது அப் பொருளில் நேர் பெயர்ச்சி இயக்கம் (translatory motion) ஒன்றை ஏற்படுத்துகிறது ; ஆனால், அப்பொருள் எங்காவது ஒரு புள்ளியில் சுழல்முளை மூலம் இணைக்கப்பட்டிருப்பின் (pivoted)அப்புள்ளியைப் பற்றிய சுழற்சியை அதில் ஏற்படுத்துகிறது. விசையின் இத்தகைய சுழற்சி இயக்கத்தை விளைவிக்கக் கூடிய திறமையை விசையின் **திருப்புதிறன்** என்று அழைக்கிறோம்.

ஒரு பொருளின்மீது செயற்பட்டு அப் பொருளில் ஒரு சுழற்சி இயக்கத்தை விளைவிக்கும் ஒரு விசையின் திறமை அப் புள்ளியைப்பற்றிய திருப்புதிறன் எனப்படும். ஒரு விசையின் ஒரு புள்ளியைப்பற்றிய திருப்புதிறன் அப் புள்ளியிலிருந்து விசைக்கோட்டின் தொலைவு, விசையின் எண்மதிப்பு ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனால் அளவிடப்படுகிறது.

காட்டாக, படம் 3.6$a$-ல் $A$-ல் செயற்படும் $P$ என்ற விசையின் $O$ஐப் பற்றிய திருப்புதிறன் $P \times OA$ ஆகும்; படம் 3.6$b$-ல், $P \times OA_1$ ஆகும்.

$P$ என்ற விசை பொருளைக் கடிகாரத் திசையில் அதாவது வலப்புறமாகச் சுழற்றினால் விசையின் திருப்புதிறன் **வலந் திருப்புதிறன்** (clockwise moment) என்றும், கடிகார எதிர்த்

திசையில் அதாவது இடப்புறமாகச் சுழற்றினுல் இடந்திருப்பு திறன் (anticlockwise moment) என்றும் அழைக்கிறேம். இடந்

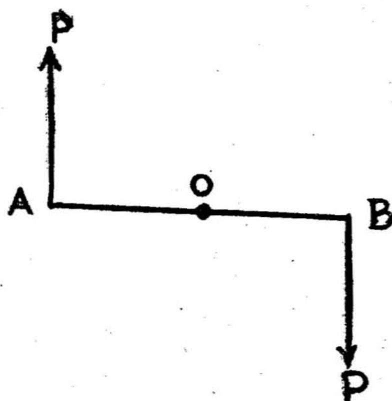



படம் - 3·6

திருப்புதிறனை நேர்க்குறி யுடையதாகவும், வலந்திருப்புதிறனை எதிர்க்குறி யுடையதாகவும் கொள்ளுதல் மரபு.

இரட்டை (couple)

எதிர்போக்குடைய சமமான இரு இணைவிசைகளைக் கொண்ட ஓர் அமைப்பு இரட்டை என அழைக்கப்படுகிறது.




படம் 3.7

படம் 3·7-ல் $A$, $B$ என்ற புள்ளிகளில் செயற்படும் $P$, $P$ என்ற சமமான இரு எதிர்போக்கு இணைவிசைகளைக் கொண்ட அமைப்பு இரட்டையாகும். இவ் விசைகளின் தொகு

பயன் சுழியான போதிலும் இரட்டை செயற்படும் ஒரு பொரு ளில் சுழற்சி இயக்கம் ஏற்படும்.

படம் 3·7-ல் $P$, $P$ என்ற விசைகள் ஒவ்வொன்றும் பொருளை ஒரே திசையில் சுழற்றுவதால் அவைகளின் திருப்பு திறன்களின் கூட்டல்தொகை இரட்டையின் திருப்பு திறனுக்குச் சமமாகும். பொருள் $O$ என்ற புள்ளியைப்பற்றிச் சுழலுவதாகக் கொள்வோம். எனவே, $P$, $P$ விசைகளின் திருப்புதிறன்கள் $P \times AO$, $P \times BO$ ஆகும்.

எனவே, இரட்டையின் திருப்புதிறன்

$$= P \times AO + P \times BO$$
$$= P(AO + BO)$$
$$= P \times AB.$$

எனவே, **இரட்டையின் திருப்புதிறன் அதன் விசைகளுள் ஒன்றின் மதிப்பு, அவைகளுக்கிடையேயுள்ள நேர்குத்துத் தொலைவு ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலனாகும்.**

இரட்டையின் திருப்புதிறன் அதன் விசைகளைத் தாங்கிய தளத்தில் எப் புள்ளியைப் பற்றியதாயினும் ஒரே மதிப்பைக் கொண்டுள்ளது.

இதுவரை பல்வேறு விசைகளின் தொகுபயனைப்பற்றிப் பார்த்தோம். இனி, அவ் விசைகள் சமநிலையில் (equilibrium) இருப்பதற்கான நிபந்தனை (condition)களைப் பற்றிக் காண்போம்.

**எதிர்சமனி** (Equilibrant)

பல்வேறு விசைகள் பல்வேறு திசைகளில் ஒரு புள்ளியில் அல்லது பொருளின்மீது செயற்பட்டு விளைவிக்கும் கூட்டுப் பலனை அவ்விசைகளோடு செயற்பட்டு அக்கூட்டுப்பலனை அழித்து அப் புள்ளியை அல்லது பொருளைச் சமநிலை பெறச் செய்ய ஒற்றைவிசை ஒன்றுல் முடியும். அத்தகைய ஒற்றை விசை மற்ற விசைகளின் **எதிர்சமனி** என்று அழைக்கப்படு கிறது.

**ஒரு பொருளின்மீது பல்வேறு திசைகளில் செயற்படும் பல்வேறுவிசைகளின் எதிர்சமனி என்பது அவ்விசைகளோடு செயற்பட்டு பொருளைச் சமநிலைப்படுத்தும் ஒற்றைவிசையாகும்.**

எதிர்சமனியும் தொகுபயனும் சமமாக இருப்பதோடு ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசைகளில் செயற்படுவனவாகும்.

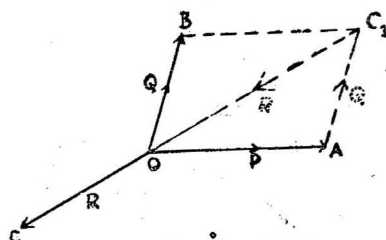
**ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் விசைகள்**

**இரு விசைகள் :** ஒரு புள்ளியில் இரு விசைகள் செயற்பட்டு அப்புள்ளி சமநிலையில் இருக்குமாயின் அவ்விரு விசைகளும் சமமாக இருப்பதோடு ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசைகளில் செயற்படும்.

**மூன்று விசைகள்:** ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் மூன்று விசைகள் சமநிலையில் இருப்பதற்கான நிபந்தனை விசைகளின் முக்கோண விதியால் (law of triangle of forces) பெறப்படும்.

**விசைகளின் முக்கோண விதி**

**ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் மூன்று விசைகளை எண் மதிப்பிலும் திசையிலும் ஒரு முக்கோணத்தின் பக்கங்களால் வரிசைச் சுற்று முறையில் குறிக்க முடியுமாயின் அம்மூன்று விசைகளும் சமநிலையில் இருக்கும்.**




படம் – 3·8

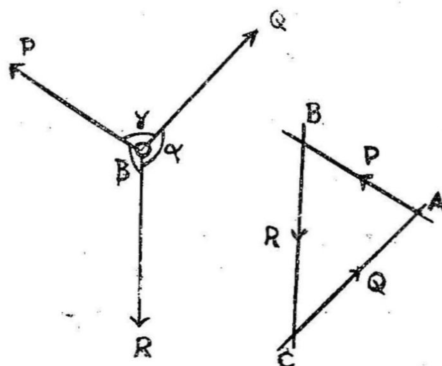
$P$, $Q$, $R$ என்ற மூன்று விசைகள் $O$ என்ற புள்ளியில் செயற்படுவதாகக் கொள்வோம் [படம் 3.8]. அவற்றின் திசைகளுக்கு இணையான பக்கங்களையுடைய $OAC_1$ என்ற முக்கோணத்தை வரைவதாகக்கொள்வோம். முக்கோணத்தில் $OA$, $P$ஐயும், $AC_1$, $Q$ஐயும், $C_1O$, $R$ஐயும் குறிக்குமாயின் அவ்விசைகள் சமநிலையில் இருக்கும் என்பதை இணைகர விதியின் அடிப்படையில் காட்டலாம்.

இணைகர விதியின்படி $OAC_1$ $B$ என்ற இணைகரத்தின் மூலை விட்டம் $(OC_1)$, $P$,$Q$ ஆகியவற்றின் தொகுபயனைக் குறிக்கிறது. இப்போது மூன்றுவது விசையான $R$ இத்தொகுபயனுக்குச் சமமாக அமைந்து அதற்கு எதிர்த் திசையில் அதாவது $C_1$ $O$ திசையில் செயற்படுமாயின், $P$, $Q$, $R$ ஆகிய மூன்று

விசைகளும் சமநிலையில் இருக்கும். எனவே, $C_1O, R$ஐக் குறிப்பதால் அம்மூன்று விசைகளும் சமநிலையில் இருக்கும்.

வழக்கில் அதிகமாகப் பயன்படுவது முக்கோண விதியின் மறுதலை (converse) ஆகும்.

**ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் மூன்று விசைகள் சமநிலையில் இருக்குமாயின் அவ் விசைகளை ஒரு முக்கோணத்தின் பக்கங்களால் வரிசைச் சுற்று முறையில் குறிக்க முடியும்.**




படம் - 3.9

$P, Q, R$ என்ற விசைகள் $O$ என்ற புள்ளியில் செயற்பட்டு சமநிலையில் இருப்பதாகக் கொள்வோம் [படம் 3·9]. $P, Q, R$ இவைகளின் திசைகளுக்கு இணையாக $AB, BC, CA$ என்றகோடுகளை வரைந்து ஒரு முக்கோணத்தை அமைத்தால் அம்மூன்றின் நீளங்களும் முறையே $P, Q, R$ ஆகியவற்றின் எண் மதிப்புகளைக் குறிக்கும்.

அதாவது, $\frac{P}{AB}=\frac{Q}{CA}=\frac{R}{BC}$ ஆகும். .........ச.3.3

**லாமியின் தேற்றம்** (Lami's theorem)

**ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் மூன்று விசைகள் சமநிலையில் இருக்குமாயின் அவற்றுள் ஒவ்வொரு விசையும் மற்ற இரு விசைகளுக்கு இடையேயுள்ள கோணத்தின் சைனுக்கு** (sine) **நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.**

படம் 3.9-ல் $Q, R$ இவற்றிற்கிடையேயுள்ளகோணம் $\alpha$ ஆகவும், $P, R$ இவற்றிற்கிடையேயுள்ள கோணம் $\beta$ ஆகவும், $P, Q$

இவற்றிற்கிடையேயுள்ள கோணம் $\gamma$ ஆகவும் இருந்தால், லாமியின் தேற்றப்படி

$$P \propto \sin \alpha$$
$$Q \propto \sin \beta$$
$$R \propto \sin \gamma$$

அதாவது, $\frac{P}{\sin \alpha} = \frac{Q}{\sin \beta} = \frac{R}{\sin \gamma}$ ............ச.3.4

**ஒரே தளத்தில் செயற்படும் பல்வேறு இணைவிசைகளின் சமநிலை**

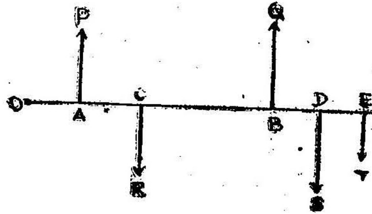
ஒரு பொருளின்மீது செயற்படும் விசைகளில் ஒவ்வொன்றும் அப் பொருளில் நேர்ப்பெயர்ச்சி இயக்கத்தையோ அல்லது சுழற்சி இயக்கத்தையோ ஏற்படுத்த முயலுகிறது. எனவே, அப்பொருள் சமநிலையில் இருக்கவேண்டுமானுல் அவ் விசைகளின் தொகுபயனும் திருப்புதிறன்களின் கூட்டுப் பலனும் சுழியாகவேண்டும்.

எனவே, பல்வேறு இணைவிசைகள் செயற்படும் ஒரு பொருள் சமநிலையில் இருப்பதற்குக் கீழ்வரும் நிபந்தனைகள் தேவை:

(i) இணைவிசைகளின் தொகுபயன் சுழியாக வேண்டும்.

(ii) விசைகளைத் தாங்கிய தளத்தில் விசைகளின் ஒரு புள்ளியைப் பற்றிய திருப்புதிறன்களின் குறியியல் கூட்டுத்தொகை சுழியாக வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டாக படம் 3.10-ல் உள்ள விசைகளைக் கருதுவோம்.




படம் – 3.10

மேல்நோக்கிய விசைகளை நேர்க்குறியுடையனவாகவும், கீழ்நோக்கிய விசைகளை எதிர்க்குறி யுடையனவாகவும் கருதினுல் அவை சமநிலையிலிருப்பதற்கான நிபந்தனைகள்:

(i) $P+Q-R-S-T=O$

அல்லது, $P+Q=R+S+T$

• அதாவது, ஒரு திசையில் செயற்படும் விசைகளின் கூட்டுத்தொகை அதற்கு எதிர்த்திசையில் செயற்படும் விசைகளின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்.

(ii) விசைகள் அடங்கிய தளத்தில் $O$ என்ற புள்ளியைப் பற்றி விசைகளின் திருப்புதிறன்களைக் காணின்,

$P\times OA+Q\times OB-R\times OC-S\times OD-T\times OE=O$

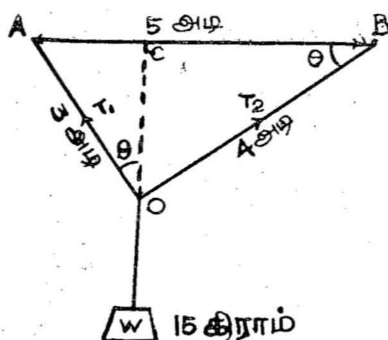
அல்லது, $P\times OA+Q\times OB=R\times OC+S\times OD+T\times OE$

அதாவது, இடந் திருப்புதிறன்களின் கூட்டுத் தொகை வலந் திருப்புதிறன்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 15 கிராம் எடையுள்ள ஒரு பொருள் 5 அடி தொலைவில் அதே மட்டத்திலுள்ள இரு முளைகளில் இணைக்கப்பட்ட இரு கயிறுகளால் தாங்கப்படுகிறது. கயிறுகளின் நீளங்கள் 3 அடி, 4 அடி ஆயின், அவற்றின் இழுவிசைகளைக் கணக்கிடுக.

விடை: படம் 3.11-ல் $A$, $B$ என்பன அதே மட்டத்திலுள்ள முளைகள். $AO$, $BO$ என்பன முறையே $3'$ நீளம், $4'$ நீளமுள்ள கயிறுகள். அவற்றின் இழுவிசைகளை முறையே $T_1$, $T_2$ எனக் கொள்வோம்.




படம் – 3·11

இனி, $5^2 = 3^2 + 4^2$ ஆதலால்,

$AB^2 = AO^2 + OB^2$

எனவே, $A\hat{O}B = 90^\circ$

$O$ வழியே செல்லும் செங்குத்துக் கோடு $AB$ஐ $C$-ல் சந்திக்கட்டும்.

$O\hat{C}B = 90^\circ$

ஆகவே, $A\hat{O}B = \theta$ ஆயின்

$A\hat{O}C = \theta$ ஆகும்.

எனவே, $T_1$-க்கும் $T_2$-க்கும் இடைப்பட்ட
கோணம் $A\hat{O}B = 90^\circ$

$W$-க்கும் $T_2$-க்கும் இடைப்பட்ட
கோணம் $= C\hat{O}B$
$= (90 - \theta)$

$W$-க்கும் $T_1$-க்கும் இடைப்பட்ட
கோணம் $= \theta$

$O$ என்ற புள்ளியில், $T_1$, $T_2$, $W$ ஆகிய விசைகள் சமநிலையில் இருப்பதால், லாமியின் தேற்றப்படி

$$\frac{W}{\sin 90} = \frac{T_1}{\sin (90 - \theta)} = \frac{T_2}{\sin \theta}$$

அதாவது, $15 = \dfrac{T_1}{\cos \theta} = \dfrac{T_2}{\sin \theta}$

$\therefore \quad T_1 = 15 \cos \theta$

$T_2 = 15 \sin \theta$

ஆனால், $\cos \theta = \dfrac{BO}{BA} = \dfrac{4}{5}$

$\sin \theta = \dfrac{OA}{BA} = \dfrac{3}{5}$

எனவே, $T_1 = 15 \times \frac{4}{5} = 12$ கிராம்

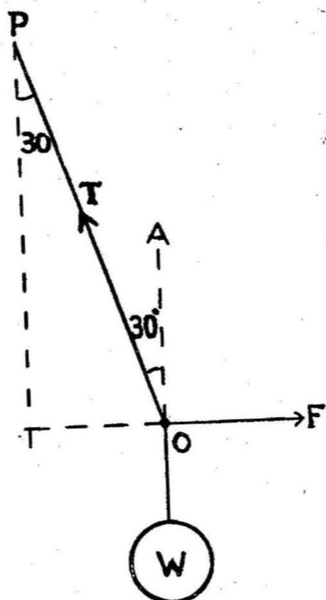
$T_2 = 15 \times \frac{3}{5} = 9$ கிராம்.

3 அடி நீளமுள்ள கயிற்றின் இழுவிசை 12 கிராம் எடை.

4 அடி நீளமுள்ள கயிற்றின் இழுவிசை 9 கிராம் எடை.

2. ஒரு கயிற்றால் தொங்கவிடப்பட்ட ஒரு பொருளின் மீது 30 கிராம் எடைக்குச் சமமான விசை ஒன்று கிடை மட்டத்தில் செயற்பட்டு, கயிறு செங்குத்து [illegible]

சாய்ந்திருக்குமாறு பொருளை இழுக்கிறது. பொருளின் எடையையும் கயிற்றின் இழுவிசையையும் கணக்கிடுக.



படம் 3.12

**விடை:** படம் 3.12-ல் $OP$ என்பது கயிறு; $OF$ என்பது 30 கிராம் எடை விசையின் திசை.

பொருளின் எடையை $W$ எனக் கொள்வோம். பொருளின் எடை செங்குத்தாகச் செயற்படுமாதலால் $W\hat{O}F = 90°$.

மேலும், கயிறு செங்குத்து நிலைக்கு 30° சாய்ந்திருப்பதால்,

படத்தில் $P\hat{O}A = 30°$

$\therefore \quad P\hat{O}F = 120°$

$W\hat{O}P = 150°$

எனவே, லாமியின் தேற்றப் படி,

$$\frac{30}{\sin 150} = \frac{W}{\sin 120} = \frac{T}{\sin 90}$$

அதாவது, $\dfrac{30}{\sin 30} = \dfrac{W}{\cos 30} = T$

$$\therefore \quad W = 30 \times \frac{\cos 30}{\sin 30}$$

ஆனால், $\cos 30 = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$; $30 = \frac{1}{2}$

$$\therefore \quad W = 30 \times \frac{\sqrt{3}/2}{1/2}$$

$W = 30 \times \sqrt{3} = 52$ கிராம் எடை

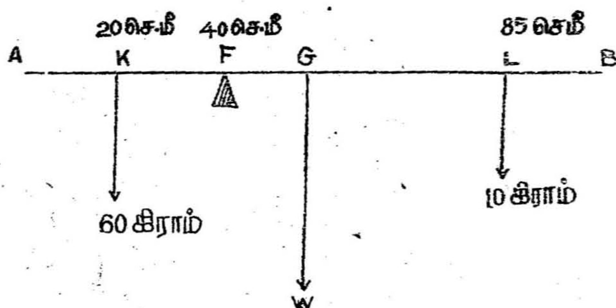
மேலும், $T = \dfrac{30}{1/2} = 60$ கிராம் எடை.

எனவே, பொருளின் எடை $= 52$ கிராம்

கயிற்றின் இழுவிசை $= 60$ கிராம் எடை.

3. சீரான அடர்த்தியைக் கொண்ட மீட்டர் கோலின் 20 செ.மீ.-ல் 60 கிராம் எடையையும், 85 செ.மீ.-ல் 10 கிராம்

எடையையும் தொங்கவிட்டு ஒரு கத்தி முனையில் நிறுத்தப் பட்டது. மீட்டர் கோல் 40 செ.மீ.-ல், சமநிலையில் இருக்கு மாயின் அதன் எடையைக் காண்க.




படம் – 3·13

விடை : படம் 3.13-ல் $AB$, மீட்டர் கோல்; $G$, அதன் புவி யீர்ப்பு மையம் ; $F$, கத்திமுனை; $K$, $L$ என்பன முறையே 20 செ.மீ., 85 செ.மீ. பகுதிகள்.

மீட்டர் கோலின் எடையை $W$ எனக் கொள்வோம்.

மீட்டர் கோலின் அடர்த்தி சீரானதாகையால் அதன் எடை அதன் புவியீர்ப்பு மையமாகிய 50 செ.மீ. பகுதி வழியே செயற்படும்.

மீட்டர் கோல் சமநிலையில் இருப்பதால் அதில் செயற் படும் விசைகளின் (எடைகளின்) வலந் திருப்புதிறன்களின் கூட்டல் தொகை இடந் திருப்புதிறன்களின் கூட்டல் தொகைக்குச் சமமாகும்.

கத்தி முனையைப் பற்றிய திருப்புதிறன்களைக் காணின்,

$$W \times GF + 10 \times LF = 60 \times KF$$

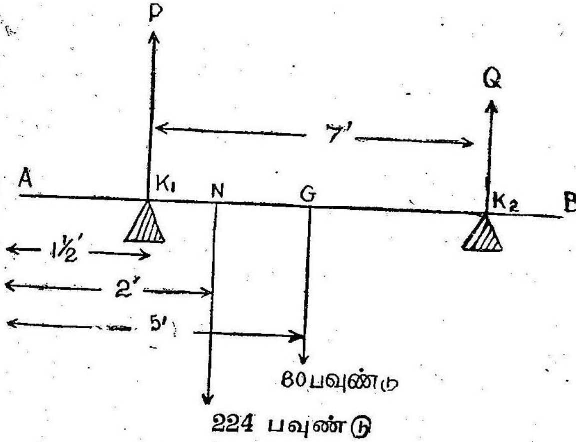
ஆனால், $GF = 10$ செ.மீ.; $LF = 45$ செ.மீ.; $KF = 20$ செ.மீ.

$$\therefore \quad W \times 10 + 10 \times 45 = 60 \times 20$$
$$W \times 10 = 1200 - 450$$
$$10W = 750$$
$$W = 75$$

மீட்டர் கோலின் எடை = 75 கிராம்.

4. 80 பவுண்டு எடையும் 10 அடி நீளமும் சீரான அடர்த் தியும் கொண்ட ஒரு மரப்பலகை 7 அடி இடைவெளியில் உள்ள

இரு கத்திமுனைகள் மீது சரி சீரமைவு நிலையில் (symmetrically) வைக்கப்பட்டு அதன் ஒரு முனையிலிருந்து 2 அடி தொலைவில் 224 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு பொருள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. கத்திமுனைகளின் எதிர்விசைகளைக் (reaction) காண்க.




படம் 3.14

**விடை :** படம் 3.14-ல் $AB$ என்பது பலகை; $G$ என்பது அதன் புவியீர்ப்பு மையம்; $K_1$, $K_2$ என்பன கத்தி முனைகள்; $N$ என்பது 224 பவுண்டு எடை தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும் புள்ளி.

$K_1$, $K_2$ கத்திமுனைகளின் எதிர்விசைகள் முறையே $P$, $Q$ எனக் கொள்வோம்.

பலகை சமநிலையில் இருப்பதால்,

(i) பலகையின்மீது செயற்படும் மேல்நோக்கிய விசைகளின் கூட்டுத்தொகை, கீழ்நோக்கிய விசைகளின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்:

(ii) பலகையில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியைப்பற்றிய திருப்பு திறன்களைக் காணின், இடந் திருப்புதிறன்களின் கூட்டுத் தொகை வலந் திருப்புதிறன்களின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமாகும்.

எனவே,

(i) $P + Q = 224 + 80$

$P + Q = 304$ ..............................(ச. 3.1)

(ii) $K_1$ஐப் பற்றிய சுழற்று விளைவுகளைக் காணின்

$Q \times K_1 K_2 = (224 \times K_1 N) + (80 \times K_1 G)$

பலகை சீரமைவு நிலையில் இருப்பதால்

$AK_1 = K_2B = 1\frac{1}{2}'$ ;

மேலும், $K_1 K_2 = 7'$ ; $K_1N = \frac{1}{2}'$; $K_1G = 3\frac{1}{2}'$

$\therefore \quad Q \times 7 = 224 \times \frac{1}{2} + 80 \times 3\frac{1}{2}$

$= 112 + 280$

$7Q = 392$

$Q = 56$ கிராம் எடை.

$Q$-ன் மதிப்பை ச. 3.1-ல் பதிலீடு செய்வோமாயின்,

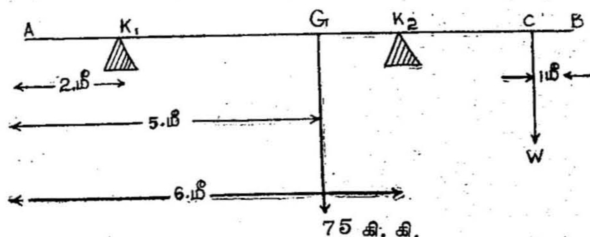
$P + 56 = 304$

$P = 248$ கிராம் எடை.

$K_1$-ன் எதிர்விசை 248 கிராம் எடை.

$K_2$-ன் எதிர்விசை 56 கிராம் எடை.

**5.** 10 மீட்டர் நீளமும் 75 கிலோ கிராம் எடையும் சீரான அடர்த்தியும் கொண்ட $AB$ என்ற ஒரு மரப்பலகை அதன் $A$ முனையிலிருந்து 2 மீட்டர் தொலைவிலும், 6 மீட்டர் தொலைவிலும் உள்ள இரு கத்திமுனைகளின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் மையத்திலிருந்து $B$ஐ நோக்கி நகரும் ஒரு சிறுவன் $B$-லிருந்து 1 மீட்டர் தொலைவில் இருக்கும்போது சமநிலைசற்றே கெடுவதைக் காண்கிறான். சிறுவனின் எடையைக் காண்க.




படம் 3.15

**விடை :** படம் 3.15-ல் $AB$ என்பது மரப்பலகை; $G$ என்பது அதன் புவியீர்ப்பு மையம்; $K_1, K_2$ என்பன கத்தி முனைகள்; $C$ என்பது சமநிலை சற்றே கெடும்போது சிறுவனின் நிலை.

சமநிலைச் சற்றே கெடுகிறது என்பதையே பலகை சற்றே சமநிலையிலுள்ளது என்றும் கூறலாம். சிறுவனின் எடையை $W$ எனக் கொள்வோம்.

எனவே, $K_2$ ஐப்பற்றி எடைகளின் திருப்புதிறன்களைக் காணின், $W \times K_2C = 75 \times GK_2$

ஆனால், $K_2C = 3$ மீட்டர், $GK_2 = 1$ மீட்டர்

$$\therefore \quad W \times 3 = 75$$

$W = 25$ கிலோ கிராம்.

எனவே, சிறுவனின் எடை $= 25$ கிலோ கிராம்.

## வினாக்கள்

1. தொகுபயன், எதிர்சமனி ஆகியவற்றை விளக்கிக் கூறுக.

2. விசைகளின் இணைகர விதியை விளக்கிக் கூறுக.

3. விசைகளின் முக்கோண விதி, லாமியின் தேற்றம் ஆகியவற்றை விளக்கிக் கூறுக.

4. 39 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு பொருளை அதே மட்டத்திலுள்ள இரு முனைகளில் இணைக்கப்பட்ட கயிறுகள் தாங்குகின்றன. முனைகளுக் கிடையே உள்ள தொலைவு 130 செ.மீ. ஆகவும், கயிறுகளின் நீளங்கள் 120 செ.மீ., 50 செ.மீ. ஆகவும் இருப்பின் கயிறுகளின் இழுவிசைகளைக் காண்க.
[15 கிராம் எடை; 36 கிராம் எடை]

5. ஒரு கயிற்றால் தொங்கவிடப்பட்ட பொருளின்மீது 15 பவுண்டு எடைக்குச் சமமான விசை கிடைத்தளத்தில் செயற்பட்டுக் கயிறு செங்குத்து நிலைக்கு $60^\circ$ சாய்ந்திருக்குமாறு பொருளை இழுக்கிறது. பொருளின் எடையையும், கயிற்றின் இழுவிசையையும் கணக்கிடுக.
[8·66 பவுண்டு எடை; 17·32 பவுண்டு எடை]

6. விசையின் திருப்புதிறன், இரட்டை, இரட்டையின் திருப்புதிறன் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறி விளக்குக.

7. ஒரே தளத்தில் செயற்படும் பல்வேறு இணை விசைகளின் கூட்டுச் செயலால் ஒரு பொருள் சமநிலையில் இருப்பதற்கான நிபந்தனைகளைக் கூறி விளக்குக.

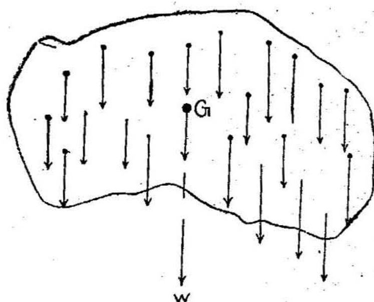
8. சீரான அடர்த்தியைக் கொண்ட மீட்டர்கோலின் ஒரு முனையில் 30 கிராம் எடையைத் தொங்கவிட்டு ஒரு கத்திமுனை யில் நிறுத்தப்படுகிறது. மீட்டர்கோல் அதன் மையத்தி லிருந்து 12 செ.மீ.-ல் சமநிலையில் இருக்குமானால் அதன் எடையைக் காண்க. [95 கிராம்]

9. 24 அடி நீளமும், 280 பவுண்டு எடையும் சீரான அடர்த்தியும் கொண்ட ஒரு நீண்ட மரப்பலகை 8 அடி இடை வெளியில் வைக்கப்பட்ட இரு கத்திமுனைகள் மீது சரிசீரமைவு நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பல்கையின் மையத்திலிருந்து புறப்பட்டு ஒரு முனையை நோக்கி நகரும் ஒரு மனிதன் முனையை அடையும்போது சமநிலை சற்றே கெடுவதைக் காண்கிறான். மனிதனின் எடையைக் காண்க. [140 பவுண்டு]

10. 90 கிராம் எடையுள்ள ஒரு மீட்டர்கோல் அதன் சுழி முனையிலும், மறு முனையிலிருந்து 20 செ.மீ. தொலைவிலும் உள்ள இரு கத்திமுனைகள் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. 20 கிராம், 40 கிராம், 60 கிராம் எடைகள் மீட்டர்கோலில் சுழி முனையிலிருந்து முறையே 20 செ.மீ., 40 செ.மீ., 60 செ.மீ. தொலைவில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. கத்திமுனைகள்மீது தொழிற்படும் அமுக்கங்களைக் (thrust) கணக்கிடுக.
[126·25 கிராம் எடை; 83·75 கிராம் எடை]

## புவியீர்ப்பு மையம் (Centre of gravity)

ஒவ்வொரு பொருளும் எண்ணிலடங்காத் துகள்களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கிறது என்று கொள்ளலாம். ஒவ்வொரு துகளும்




படம் – 3·16

இப் புவியின் மையத்தை நோக்கி அத் துகளின் எடையாகிய விசையுடன் ஈர்க்கப்படுகிறது. அதாவது, அத் துகள்களின்

எடைகள் செங்குத்தாகக் கீழ்நோக்கி ஒருபோக்கு இணை விசைகளாகச் செயற்படுகின்றன. இத்தகைய இணைவிசைகளின் தொகுபயன் அவைகளின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமாய் அமைந்து (அத் தொகுபயன் பொருளின் எடையுமாகும்), பொருளின் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளி $(G)$ வழியே கீழ்நோக்கிச் செயற்படுகிறது. அப் புள்ளி புவியீர்ப்பு மையம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

**ஒரு பொருளை எந் நிலையில் வைத்தாலும் அதன் எடை ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளி வழியே எப்போதும் செல்லும். அக் குறிப்பிட்ட புள்ளி புவியீர்ப்பு மையம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.**

**ஒழுங்கான உருவ அமைப்பும், சீரான அடர்த்தியும் கொண்ட பொருள்களின் புவியீர்ப்பு மையங்கள்**

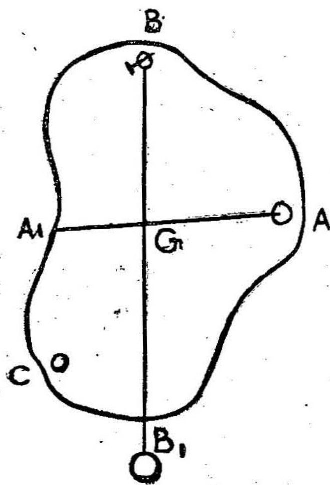
ஒழுங்கான உருவ அமைப்பு, சீரான அடர்த்தி ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ள பொருள்களின் புவியீர்ப்பு மையங்களை எளிதில் காணலாம். சில பொருள்களின் புவியீர்ப்பு மையங்களைக் கீழ்வரும் அட்டவணையில் காணலாம் :

| பொருள் | புவியீர்ப்பு மையம் |
|---|---|
| வட்டமான மென்தகடு | வட்ட மையம் |
| முக்கோண வடிவ மென்தகடு | மையக்கோடு (median) களின் வெட்டுப் புள்ளி |
| இணைகர வடிவ மென்தகடு | மூலைவிட்டங்களின் வெட்டுப் புள்ளி அல்லது எதிரெதிர்ப் பக்கங்களின் நடுப் புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடுகளின் வெட்டுப்புள்ளி |
| கோளம் | கோள மையம் |
| நீள் உருளை (cylinder) | உருளை அச்சின் மையம் |

**ஒழுங்கற்ற உருவமுடைய மென்தகட்டின் புவியீர்ப்பு மையத்தைச் சோதனை மூலம் காணல்**

தகட்டின் ஓரத்தில் மூன்று இடங்களில் $A$, $B$, $C$ என்ற மூன்று சிறு துளைகள் செய்யவும் [படம் 3.17]. தகட்டை $A$ என்ற துளை வழியே ஒரு கம்பியிலிருந்து தொங்கவிடவும். அதே கம்பியிலிருந்து ஒரு தூக்குக் குண்டையும் தொங்க

விடவும். உராய்வைத் (friction) தடுக்கத் தகட்டைப் பக்கவாட்டில் சிறிது இழுத்து விடவும். தகடு ஓய்வு பெற்றபின் தூக்குக் குண்டின் நிலையைத் தகட்டின் மேல் $AA_1$ என்ற கோட்டை வரைந்து குறித்துக் கொள்ளவும்.



படம் 3.17

தகட்டின் புவியீர்ப்பு மையம் இந்தக் கோட்டில் அமையும் என்பதைக் கீழ்வருமாறு நிறுவலாம்.

மென் தகடானது,

i. அதன் புவியீர்ப்பு மையத்தின் வழியே செங்குத்தாகக் கீழ் நோக்கிச் செயற்படும் அதன் எடை,

ii. கம்பியில் செங்குத்தாக மேல்நோக்கிச் செயற்படும் எதிர் விசை,

ஆகிய இரு விசைகளின் கூட்டுச் செயலால் சமநிலையில் இருக்கிறது. எனவே, அவ்விரு விசைகளும் செயற்படும் புள்ளிகள் ஒரே செங்குத்துக் கோட்டில் அமைய வேண்டும். அதாவது, தகட்டின் புவியீர்ப்பு மையம் கம்பிக்கு நேர் கீழே அல்லது $AA_1$ என்ற கோட்டில் அமையவேண்டும்.

அடுத்து, தகட்டை $B$ என்ற துளையின்வழியே தொங்கவிட்டு, முன்போலவே $B$ வழியே செல்லும் $BB_1$ என்ற செங்குத்துக் கோட்டை வரையவும். முன்னர் கூறியவாறே தகட்டின் புவியீர்ப்பு மையம் $BB_1$ என்ற கோட்டிலும் அமையவேண்டும். எனவே, தகட்டின் புவியீர்ப்பு மையம் $AA_1$, $BB_1$ ஆகிய கோடுகளின் வெட்டுப்புள்ளியான $G$-ல் அமையும். பின்னர், தகட்டை $C$ என்ற துளையின் வழியே தொங்கவிட்டு, $C$ வழியே செல்லும் $CC_1$ என்ற செங்குத்துக் கோட்டை வரையவும். $CC_1$ கோடு $G$ வழியே செல்வதைக் காணலாம். இது $G$-ன் நிலையைச் சரிபார்க்கவும் உதவுகிறது.

ஒழுங்கான உருவ அமைப்புடைய பொருள்களின் புவியீர்ப்பு மையங்களையும் இம்முறையில் காணலாம்.

பொருள்களின் சமநிலைகள்

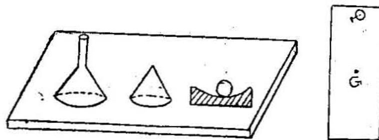
ஒரு பொருள் அசைவற்று ஓரே இடத்தில் இருக்குமானல் அது சமநிலையில் இருப்பதாகக் கூறுகிறேம். ஒரு பொருள் சமநிலையில் இருக்க அதன் புவியீர்ப்பு மையம்வழிச் செல்லும் செங்குத்துக்கோடு அதைத் தாங்கி நிற்கும் அடித்தளத்திற்குள் செல்ல வேண்டும்.

ஒரு பொருளின் சமநிலை உறுதியானதாகவோ, உறுதியற்றதாகவோ மாறும் இயல்புடையதாகவே இருக்கலாம்.

உறுதிச் சமநிலை (Stable equilibrium)

சமநிலையில் இருக்கும் ஒரு பொருளைச் சிறிது அசைத்து விட்டாலும் அது தன் பழைய நிலைக்கே திரும்பினல் அந்தச் சமநிலை உறுதிச் சமநிலை எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டுகள் : 1. அகன்ற வாயின்மீது நிற்கும் புனல்; 2. அடித்தளத்தின்மீது நிற்கும் கூம்பு; 3. குழிவான தளத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் கோளம்; 4. புவியீர்ப்பு மையத்திற்கு நேர் மேலேயுள்ள ஒரு துளையின் வழியே தொங்க விடப்பட்ட நீண்ட சதுர மென்தகடு [படம் 3.18].



படம் - 3.18

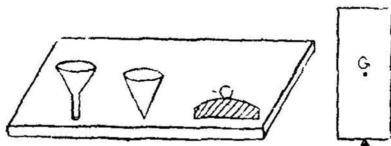
உறுதிச் சமநிலையில் இருக்கும் ஒரு பொருளைச் சிறிது அசைக்கும்போது அதன் புவியீர்ப்பு மையம் சிறிது உயர்த்தப் படுகிறது.

உறுதியிலாச் சமநிலை (Unstable equilibrium)

சமநிலையில் இருக்கும் ஒரு பொருளை சிறிது அசைத்து விட்டால் அது தன் பழைய நிலையிலிருந்து மேலும் மேலும் விலகிச் செல்லுமாயின் அச் சமநிலை உறுதியிலாச் சமநிலை என அழைக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டுகள் : 1. குறுகிய நுனியின்மீது நிற்கும் புனல்; 2. கூர்முனைமீது நிற்கும் கூம்பு; 3. குவிதளத்தின்

(convex surface) மீது வைக்கப்பட்டிருக்கும் கோளம்: 4. புவியீர்ப்பு மையத்திற்கு நேர் கீழேயுள்ள ஒரு புள்ளியில் தாங்கப்பட்ட நீண்ட சதுர மென்தகடு [படம் 3.19].



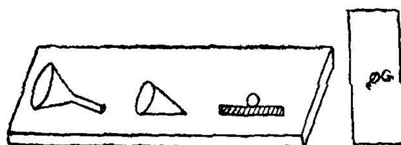

படம் - 3·19

உறுதியிலாச் சமநிலையில் இருக்கும் ஒரு பொருளைச் சிறிது அசைக்கும்போது அதன் புவியீர்ப்பு மையம் சிறிது தாழ்த்தப் படுகிறது.

**மாறியல் சமநிலை** (Neutral equilibrium)

**சமநிலையில் இருக்கும் ஒரு பொருளைச் சிறிது அசைத்து விட்டால், அசைத்துவிடப்பட்ட நிலையிலும் அது சமநிலையில் இருக்குமாயின் அந்தச் சமநிலை மாறியல் சமநிலை என அழைக்கப்படுகிறது.**

எடுத்துக்காட்டுகள் : 1. படுக்கை வசத்தில் வைக்கப் பட்ட புனல்; 2. படுக்கை வசத்தில் வைக்கப்பட்ட கூம்பு; 3. சமதளத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் கோளம்; 4. புவி யீர்ப்பு மையத்தில் உள்ள துளையின் வழியே தொங்கவிடப் பட்ட நீண்ட சதுர மென்தகடு [படம் 3.20].




படம் - 3·20

மாறியல் சமநிலையில் இருக்கும் ஒரு பொருளைச் சிறிது அசைக்கும்போது அதன் புவியீர்ப்பு மையம் உயர்வதோ தாழ்வதோ கிடையாது.

## இலகு எந்திரங்கள் (Simple machines)

நம் அன்றாட வாழ்க்கையில் கடப்பாரை, கப்பிகள், திருகாணி, ஒற்றைச் சக்கரக் கைவண்டி (wheel barrow), கத்தரிக்

கோல், இடுக்கி ஆகிய பல்வேறு கருவிகளைக் கையாளுகிறோம். இவை யாவும் இலகு எந்திரங்களே. ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் ஒரு விசையை மற்றொரு வசதியான புள்ளியில் பொருத்தமான திசையிலோ அல்லது மதிப்பிலோ கிடைக்கச் செய்யும் கருவி இலகு எந்திரம் எனப்படும்.

எந்திரத்தில் செயற்படுத்தப்படும் விசைக்கு முயற்சி (effort or power) என்று பெயர்; முயற்சி வெற்றி கொள்ளும் (overcome) விசைக்கு எடை (weight) என்று பெயர்.

**எந்திரப்பயன் (Mechanical advantage)**

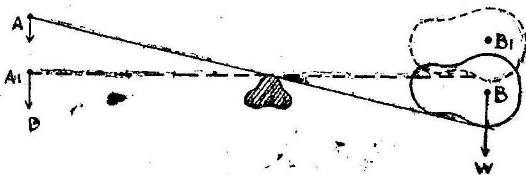
**இலகு எந்திரத்தில் முயற்சியானது எடையைச் சரியீடு (balance) செய்யும்போது எடைக்கும் முயற்சிக்கும் உள்ள தகவு (ratio) எந்திரப்பயன் எனப்படும்.**

முயற்சியை $P$ என்றும், எடையை $W$ என்றும் குறித்தால்,

$$\text{எந்திரப்பயன்} = \frac{\text{எடை}}{\text{முயற்சி}} = \frac{W}{P} \qquad \text{..........ச. 3.5}$$

**திசைவேகத் தகவு (Velocity ratio)**

**இலகு எந்திரத்தில் முயற்சியும் எடையும் நகரும்போது முயற்சி செயற்படு புள்ளி (point of application of power) நகரும் தூரத்திற்கும், அதே நேரத்தில் எடை செயற்படு புள்ளி (point of application of weight) நகரும் தூரத்திற்கும் இடையேயுள்ள தகவு திசைவேகத் தகவு எனப்படும்.**




படம் – 3·21

படம் 3.21-ல் $P$ என்பது முயற்சி; $W$ என்பது எடை. முயற்சி செயற்படும் புள்ளி $A$-லிருந்து $A_1$-க்கு நகரும்போது எடை செயற்படு புள்ளி $B$-லிருந்து $B_1$-க்கு நகருவதாகக் கொள்வோம். $AA_1 = x$, $BB_1 = y$ என்றால்,

$$\text{திசைவேகத் தகவு} = \frac{x}{y} \qquad \text{..........ச. 3.6}$$

**இயக்குதிறம்** (Efficiency)

**ஓர் எந்திரத்தின் இயக்குதிறம் என்பது அது செய்யும் பயனுறு** (useful) **வேலைக்கும், அதன்மீது செய்யப்படும் வேலைக்கும் உள்ள தகவு ஆகும்.**

$$\text{இயக்குதிறம்} = \frac{\text{எந்திரம் தரும் பயனுறு வேலை}}{\text{எந்திரம் பெறும் வேலை}}$$

இயக்குதிறத்தின் மதிப்பு ஒருபோதும் ஒன்றுக்கு மேற்பட்டு இருக்காது. அதன் பெரும மதிப்பு ஒன்று. ஆனால், நடைமுறையில் அதன் மதிப்பு எப்போதும் ஒன்றைவிட மிகவும் குறைவாகவே இருக்கும்.

**எந்திரப்பயன், திசைவேகத் தகவு, இயக்குதிறம் ஆகியவற்றின் தொடர்பு**

படம் 3.15-ல் முயற்சி செயற்படு புள்ளி $x$ தூரம் நகரும் அதே நேரத்தில் எடை செயற்படு புள்ளி $y$ தூரம் நகருகிறது; அதாவது, எந்திரம் எடையை $y$ தூரம் தூக்குகிறது.

எனவே, எந்திரம் பெறும் வேலை $= P \times x$

எந்திரம் தரும் பயனுறு வேலை $= W \times y$

$$\therefore \quad \text{இயக்குதிறம்} \ (E) = \frac{W \times y}{P \times x} = \frac{W}{P} \div \frac{x}{y}$$

$$\text{அதாவது, இயக்குதிறம்} = \frac{\text{எந்திரப்பயன்}}{\text{திசைவேகத் தகவு}}$$

இலட்சிய (perfect) எந்திரத்தின் இயக்குதிறம் 1 ஆனதால் அத்தகைய எந்திரத்தில்,

எந்திரப்பயன் = திசைவேகத் தகவு.

இனி, நெம்புகோல், கப்பி, சாய்தளம் ஆகிய மூன்று இலகு எந்திரங்களைப் பற்றிக் காண்போம்.

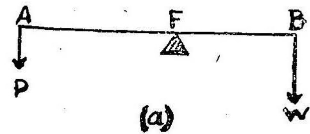
**நெம்புகோல்** (Lever)

இது, ஒரு மிகவும் எளிய எந்திரமாகும். **நெம்புகோல் என்பது ஒரு நிலையான புள்ளியைப் பற்றிச் சுழலக்கூடிய கெட்டியான கோல் ஆகும். நிலையான புள்ளிக்கு ஆதாரத் தானம் என்று பெயர்.**

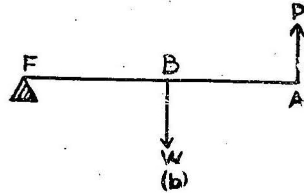
**மூன்றுவகை நெம்புகோல்கள்**

ஆதாரத்தானம், முயற்சி செயற்படு புள்ளி, எடை செயற்படுபுள்ளி ஆகியவற்றின் நிலைக்கேற்ப முதல் வகை, இரண்டாம் வகை, மூன்றும் வகை நெம்புகோல்கள் என மூன்றுவகை நெம்புகோல்கள் உண்டு.

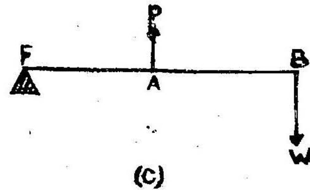
முதல்வகை நெம்புகோல் : இந்த வகை நெம்புகோலில், ஆதாரத்தானம் ($F$), முயற்சி செயற்படு புள்ளிக்கும் எடை செயற்படு புள்ளிக்கும் இடையே அமைந்துள்ளது [படம் 3.22$a$].




தண்ணீர் பம்பின் கைப்பிடி, கத்தரிக்கோல், தராசு ஆகியவை இவ்வகை நெம்புகோலின் எடுத்துக்காட்டுகள்.




இரண்டாம் வகை நெம்புகோல் : இதில் எடை செயற்படு புள்ளி, ஆதாரத்தானத்திற்கும், முயற்சி செயற்படு புள்ளிக்கும் இடையே அமைந்துள்ளது [படம் 3.22$b$]. பாக்குவெட்டி, பழம் பிழியும் கருவி, ஒற்றைச் சக்கரக் கைவண்டி ஆகியவை இவ் வகைக்குரிய எடுத்துக் காட்டுகளாகும்.




படம் — 3·22

மூன்றும் வகை நெம்புகோல்: இதில் முயற்சி செயற்படு புள்ளி, ஆதாரத்தானத்திற்கும் எடை செயற்படு புள்ளிக்கும் இடையே அமைந்துள்ளது [படம் 3.22$c$]. இதற்கான எடுத்துக் காட்டுகள் இடுக்கி, ஓர் எடையைத் தூக்கும் மனிதனின் முன் கை ஆகியவையாகும்.

**நெம்புகோலின் எந்திரப்பயன்**

எல்லா வகை நெம்புகோல்களிலும் ஆதாரத்தானத்திலிருந்து முயற்சி விசைக்கோட்டின் நேர்குத்துத் தூரம் முயற்சி புயம் (power arm என்றும், எடைவிசைக் கோட்டின் நேர்

குத்துத் தூரம் எடை புயம் (weight arm) என்றும் அழைக்கப் படுகின்றன.

நெம்புகோலில் முயற்சி, எடையைச் சரியீடு செய்யும் போது முயற்சி, எடை ஆகியவற்றின் ஆதாரத்தானத்தைப் பற்றிய திருப்புதிறன்கள் சமமாக இருக்கும்.

அதாவது, எடை × எடைபுயம் = முயற்சி × முயற்சிபுயம்

$$W \times BF = P \times AF$$

$$\therefore \text{ எந்திரப்பயன் } = \frac{W}{P} = \frac{AF}{BF} = \frac{\text{முயற்சிபுயம்}}{\text{எடைபுயம்}}$$

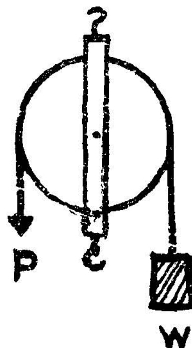
முதல்வகை நெம்புகோலில் ஆதாரத்தானம் நடுவில் இருப்பதால் முயற்சிபுயம் எடைபுயத்திற்குச் சமமாகவோ, அதைவிடக் குறைந்தோ அல்லது அதிகமாகவோ இருக்கலாம். அதற்கேற்ப எந்திரப்பயன் ஒன்றுகவோ, ஒன்றுக்குக் குறைந்தோ அல்லது ஒன்றைவிட அதிகமாகவோ இருக்கும்.

இரண்டாம் வகை நெம்புகோலில் எடை செயற்படு புள்ளி ($B$) நடுவிலிருப்பதால் முயற்சிபுயம் எப்போதும் எடை புயத்தைவிட அதிகமாகவே இருக்கும். எனவே, எந்திரப் பயனும் ஒன்றைவிட அதிகமாகவே இருக்கிறது.

மூன்றும் வகை நெம்புகோலில் முயற்சி செயற்படு புள்ளி நடுவில் இருப்பதால் திறன்புயம் எப்போதும் எடைபுயத்தை விடக் குறைவாகவே இருக்கும். எனவே, எந்திரப்பயனும் ஒன்றைவிடக் குறை வாகவே இருக்கும்.

**கப்பிகள்** (Pulleys)

கப்பி என்பது ஓர் அச்சில் தங்கு தடையின்றிச் சுழலக்கூடிய ஒரு சக்கர மாகும். சக்கரத்தின் விளிம்பைச்சுற்றி ஒரு கயிறு செல்லக்கூடிய வகையில் பள்ளம் இருக்கிறது. இதன் அச்சைத் தாங்கும் சட்டத்திற்குக் கப்பி தாங்கி (block) என்று பெயர் [படம் 3.23].




படம் 3.23

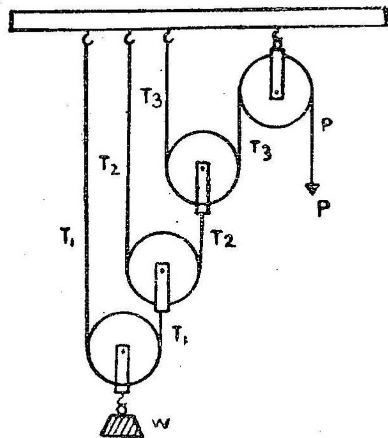
கப்பிகளில் இயங்குகப்பி, நிலைக் கப்பி என இருவகை உண்டு. கப்பி தாங்கி மேலும் கீழும் அசையுமாறு அமைந்த கப்பிக்கு

**இயங்குகப்பி** (movable pulley) என்றும் நிலையாய் உள்ள கப்பிக்கு **நிலைக்கப்பி** (fixed pulley) என்றும் பெயர்.

## கப்பி அமைப்புகள்

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கப்பிகளைத் தக்கமுறையில் அமைத்து அதிக எந்திரப்பயனைப் பெறலாம். அத்தகைய அமைப்புகளில் இரு வகையைப் பற்றி இங்குப் பார்ப்போம்.

முதல் வகை அமைப்பு: இவ்வகை அமைப்பைப் படம் 3.24-ல் காணலாம். ஒவ்வோர் இயங்குகப்பியையும் ஒரு தனிக் கயிறு தாங்குகிறது. கயிற்றின் ஒருமுனை கிடைநிலையிலுள்ள ஒரு கெட்டியான கட்டையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கயிறு ஓர் இயங்கு கப்பியைச் சுற்றி எடுத்துச் செல்லப்பட்டபின் அதன் மறுமுனை அதற்கு மேலுள்ள அடுத்த இயங்கு கப்பியின் கப்பி தாங்கியில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கடைசி இயங்கு கப்பியைச் சுற்றிச் செல்லும் கயிறு ஓர் நிலைக்கப்பியைச் சுற்றி எடுத்துச் செல்லப்பட்டு இணைக்கப்பெருத (free) அதன் மறுமுனையில் முயற்சி செயற்படுத்தப்படுகிறது. தூக்கப்பட வேண்டிய எடை ($W$) கீழேயுள்ள முதல் இயங்கு கப்பியின் கப்பி தாங்கியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.




படம் 3.24

படம் 3.24-ல் $P_1, P_2, P_3$ கப்பிகள் இயங்குகப்பிகள்; $P_4$ நிலைக்கப்பி; $P_1$, $P_2$, $P_3$ கப்பிகளைத் தாங்கும் கயிறுகளின் இழுவிசைகள் (tensions); $T_1$, $T_2$, $T_3$ எனக் கொள்வோம். கப்பிகளின் எடை தூக்கப்பட வேண்டிய எடையை நோக்க மிகக் குறைந்ததாகக் கொள்வோம்.

இந்த அமைப்பு சமநிலையிலிருக்கும்போது அதாவது, முயற்சி எடையைச் சரியீடு செய்யும்போது எடை, முதல்

கப்பியைத் தாங்கும் கயிற்றுப் பகுதிகளின் இழுவிசைகளால் சரியீடு செய்யப்படுகிறது.

எனவே, $W = 2T_1$

ஆனல், இரண்டாவது கப்பியின் கப்பிதாங்கியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் கயிற்றுப் பகுதியின் இழுவிசை ($T_1$) இரண்டாவது கப்பியைத் தாங்கும் கயிற்றுப் பகுதிகளின் இழுவிசைகளால் சரியீடு செய்யப்படுகிறது.

$\therefore \quad T_1 = 2T_2$

இவ்வாறே, $T_2 = 2T_3$

கடைசிக் கயிற்றின் இணைக்கப்பெருத முனையில் முயற்சி செயற்படுவதால் $T_3 = P$

எனவே, $W = 2T_1 = 2 \times 2T_2 = 2 \times 2 \times 2T_3$

$= 2 \times 2 \times 2 \times P$

$W = 2^3 P$

$\therefore$ எந்திரப்பயன் $\dfrac{W}{P} = 2^3$

(இயங்குகப்பிகளின் எண்ணிக்கை)

$= 2$

பொதுவாக ஓர் அமைப்பில் $n$ இயங்குகப்பிகள் இருக்குமாயின், எந்திரப்பயன் $= 2^n$ ..........ச.3.7

**இரண்டாம் வகைக் கப்பி:** இவ் வகையில் இரு கப்பி தாங்கிகள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றிலும் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கப்பிகள் இருக்கும். பொதுவாக இரண்டு கப்பி தாங்கிகளிலும் சம எண்ணிக்கை கொண்ட கப்பிகள் இருக்கும். ஒரு கப்பி தாங்கி நிலையாக அமைந்து மறு கப்பிதாங்கி மேலும் கீழும் இயங்குகிறது. [படம் 3.25]

இதில் ஒரு கயிற்றின் ஒரு முனை மேல்கப்பி தாங்கி (நிலைக் கப்பி தாங்கி)யில் இணைக்கப்பட்டு, கயிறு இரு கப்பி தாங்கிகளிலுமுள்ள கப்பிகளைச் சுற்றி மாறி மாறி எடுத்துச் செல்லப்பட்டு அதன் இணைக்கப்பெருத முனையில் முயற்சி ($P$) செயற்படுத்தப்படுகிறது. தூக்கப்பட வேண்டிய எடை ($W$) இயங்கு கப்பி தாங்கியுடன் இணைக்கப்படுகிறது. இங்கு ஒரே கயிறு எல்லாக் கப்பிகளையும் சுற்றிச் செல்வதால், கயிற்றின் ஒவ்வொரு பகுதியின் இழுவிசையும் ($T$) $P$ ஆகும்.

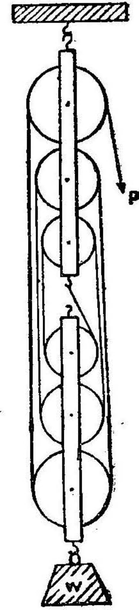
முயற்சி எடையைச் சரியீடு செய்யும்போது எடை, அதைத் தாங்கி நிற்கும் கயிற்றுப் பகுதிகளில் மேல்நோக்கிச் செயற்படும் இழுவிசைகளின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாக இருக்கும். இரண்டு கப்பிதாங்கிகளிலும் உள்ள மொத்தக் கப்பிகள் 6 என்று வைத்துக் கொண்டால் [படம் 3.25], எடையை 6 கயிற்றுப் பகுதிகள் தாங்கி நிற்கும்.

எனவே, $W = 6T = 6P$

$\therefore$ எந்திரப் பயன் $\frac{W}{P} = 6$ = கப்பிகளின் மொத்த எண்ணிக்கை

பொதுவாக, இரண்டு கப்பிதாங்கிகளிலுமுள்ள மொத்தக் கப்பிகள் $n$ என்றால், எந்திரப்பயன் $= n$. .........ச.3.8

எந்திரப் பயன்களை நோக்குமிடத்து முதல்வகை அமைப்பு அதிக எந்திரப் பயனைக் கொண்டுள்ளதாயினும், அதை அமைப்பதற்கு மிக அதிக இட வசதி தேவையாதலால் இரண்டாவது அமைப்பே அதிகமாக வழக்கிலுள்ளது.




படம் 3.25

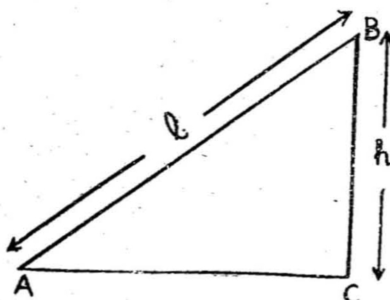
### சாய்தளம் (Inclined plane)

சாய்தளம் என்பது கிடைநிலைக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில்அமைக்கப்பட்டுள்ள அழுத்தமான வழவழப்பான தளமாகும். இத்தகைய அமைப்புகள் எடை மிக்க பொருள்களை வாகனங்களில் ஏற்றுவதற்குப் பயன்படுகின்றன. சாய்தளத்தில் முயற்சியானது தளத்திற்கு இணையாகவோ அல்லது கிடைமட்டமாகவோ செயற்படலாம்.

### சாய்தளத்தின் எந்திரப்பயன்

படம் 3.26-ல் $AB$ என்பது கிடைநிலைக்கு $\theta$ கோணத்தில் அமைக்கப்பட்ட ஒரு சாய்தளம். $AB$ என்பது சாய்தளத்தின் நீளம் ($l$). $B$-லிருந்து வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு $A$ வழியே செல்லும் கிடைகோட்டை $C$-ல் வெட்டுமானால் $BC$ என்பது சாய்தளத்தின் உயரம் ($h$) எனவும், $AC$ என்பது அடித்தளம் ($b$) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

இனி, முயற்சி, சாய்தளத்திற்கு இணையாகச் செயற்படும் போது சாய்தளத்தின் எந்திரப்பயனைக் காண்போம்.




படம் 3.26

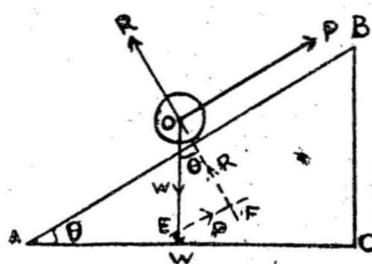
சாய்தளத்திற்கு இணையாகச் செயற்படும் $P$ என்ற முயற்சியானது தளத்தின்மீது வைக்கப்பட்ட $W$ என்ற பொருளைச் சரியீடு செய்வதாகக் கொள்வோம்.

இங்கு, பொருள்

(i) சாய்தளத்திற்கு இணையாகச் செயற்படும் முயற்சி ($P$)

(ii) செங்குத்தாகச் செயற்படும் பொருளின் எடை ($W$)

(iii) பொருளின்மீது தளம் அதற்கு நேர்குத்துத் திசையில் செயற்படுத்தும் எதிர் விசை ($R$) ஆகிய மூன்று விசைகளின் கூட்டுச் செயலால் சமநிலையில் இருக்கிறது. எனவே, விசைகளின் முக்கோண விதி அல்லது லாமியின் தேற்றம் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் சாய்தளத்தின் எந்திரப்பயனைக் காணலாம்.




படம் 3.27

**விசைகளின் முக்கோண விதிமுறை**

$P$, $R$, $W$ ஆகியவைகளின் திசைகளுக்கு இணையாக $EF$, $FO$, $OE$ என்ற கோடுகளை வரைந்து, $OEF$ என்ற முக்கோணத்தை அமைக்கவும் [படம் 3·27].

$P$, $R$, $W$ ஆகிய மூன்று விசைகளும் சமநிலையில் இருப்பதால், அம்மூன்றையும் முறையே முக்கோணத்தின் $EF$, $FO$, $OE$ என்ற பக்கங்கள் குறிக்கின்றன.

அதாவது, $$\frac{W}{OE}=\frac{P}{EF}=\frac{R}{FO}$$

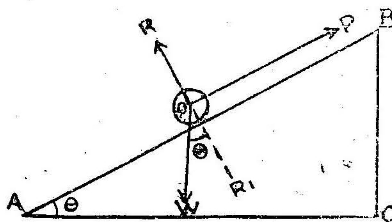
$\therefore$ எந்திரப்பயன் $$\frac{W}{P}=\frac{OE}{EF}=\frac{1}{\sin\theta}$$

மேலும், சாய்தளத்தின் உயரம் $(BC)$ $h$ ஆகவும், நீளம் $l$ ஆகவும் இருப்பின், $\sin\theta=\frac{h}{l}$

$\therefore$ எந்திரப்பயன் $$\frac{W}{P}=\frac{1}{\sin\theta}=\frac{l}{h}$$

எனவே, எந்திரப்பயன் $=\dfrac{\text{சாய்தளத்தின் நீளம்}}{\text{சாய்தளத்தின் உயரம்}}$

**லாமியின் தேற்றமுறை**




படம் 3.28

படம் 3.28-ல்

$B\hat{A}C=\theta$ ஆயின்,

$W\hat{O}R_1=\theta$

மேலும், $R\hat{O}P=90^\circ=R_1\hat{O}P$

**எனவே,**

$R$-க்கும் $P$-க்கும் இடையேயுள்ள கோணம் $R\hat{O}P=90^\circ$

$P$-க்கும் $W$-க்கும் இடையேயுள்ள கோணம் $P\hat{O}W=90+\theta$

$W$-க்கும் $R$-க்கும் இடையேயுள்ள கோணம் $W\hat{O}R=180-\theta$

**லாமியின் தேற்றப்படி,**

$$\frac{W}{\sin R\hat{O}P} = \frac{R}{\sin P\hat{O}W} = \frac{P}{\sin W\hat{O}R}$$

$$\therefore \text{ எந்திரப்பயன் } \frac{W}{P} = \frac{\sin R\hat{O}P}{\sin W\hat{O}R}$$

$$= \frac{\sin 90}{\sin (180 - \theta)}$$

$$= \frac{1}{\sin \theta}$$

ஆனால், $\sin \theta = \frac{BC}{AB}$

$$\therefore \quad \frac{W}{P} = \frac{AB}{BC} = \frac{l}{h}$$

எனவே, எந்திரலாபம் $= \frac{\text{சாய்தளத்தின் நீளம்}}{\text{சாய்தளத்தின் உயரம்}}$ ச...3.9

## வினாக்கள்

1. புவியீர்ப்பு மையம் என்றால் என்ன?

ஒழுங்கற்ற வடிவுடைய ஒரு பொருளின் புவியீர்ப்பு மையத்தை எவ்வாறு காண்பது என்பதனை விவரமாகக் கூறுக.

2. உறுதிச் சமநிலை, உறுதியிலாச் சமநிலை, மாறியல் சமநிலை ஆகியவற்றை எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

3. ஓர் இலகு எந்திரத்தின் எந்திரப்பயன், இடப்பெயர்ச்சித் தகவு, இயக்குதிறம் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக. அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பைப் பெறுக.

4. மூவகை நெம்புகோல்களை எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

5. இருவகை கப்பி அமைப்புகளைப் படம் வரைந்து விளக்கி, அவற்றின் எந்திரப்பயன்களைக் கணக்கிடுக.

6. சாய்தளத்திற்கு இணையாக முயற்சி செயற்படும்போது சாய்தளத்தின் எந்திரப்பயனைப் பெறுக.

7. 6 அடி நீளமுள்ள ஒரு கடப்பாரை 90 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு கல்லைத் தூக்குவதற்கு இரண்டாம் வகை நெம்புகோலாகப் பயன்படுகிறது. கல்லானது கடப்பாரையின் ஒரு

முனையிலிருந்து 4 அங்குலத் தொலைவிலிருந்தால் அதன் மறு முனையில் செயற்படுத்தப்பட வேண்டிய முயற்சியைக் கணக்கிடுக. [5 பவுண்டு எடை]

8. ஓர் உலோகத் தகட்டை வெட்டும் பணியில் ஒரு மனிதன் ஒரு கத்தரிக்கோலின் முனையில் 15 பவுண்டு எடை விசையைச் செயற்படுத்துகிறான். உலோகத் தகடு ஆதாரத் தானத்திலிருந்து 3 அங்குலத் தொலைவிலும், முயற்சி செயற்படு புள்ளி 8 அங்குலத் தொலைவிலும் இருப்பின் உலோகத் தகடு செயற்படுத்தும் எதிர்விசை யாது? [40 பவுண்டு எடை]

9. இரண்டாம் வகைக் கப்பி அமைப்பு ஒன்றில் ஒவ்வொரு கப்பி தாங்கியிலும் மூன்று கப்பிகள் உள்ளன. அதனைக் கொண்டு 240 பவுண்டு எடையைத் தூக்குவதற்குத் தேவையான முயற்சியைக் கணக்கிடுக. [40 பவுண்டு எடை]

10. ஒரு மனிதன் ஒற்றைநிலைக் கப்பி ஒன்றின் உதவியால் 160 பவுண்டு எடையை நிலமட்டத்திலிருந்து 20 அடி உயரத்திற்குத் தூக்குகிறான். அவன் செயற்படுத்தும் விசை 180 பவுண்டு எடை என்றால் கப்பி பெறும் வேலை, கப்பி தரும் வேலை, கப்பியின் இயக்குதிறம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[3,600 பவுண்டு எடை; 3,200 பவுண்டு எடை ; 88·9%]

11. முதல்வகைக் கப்பி அமைப்பு ஒன்றைக் கொண்டு 160 பவுண்டு எடையைத் தூக்குவதற்கு 5 பவுண்டு எடை முயற்சி தேவையானால் அவ் வமைப்பிலுள்ள இயங்குகப்பிகளின் எண்ணிக்கை எத்தனை? [5]

12. 20 பவுண்டு எடையுள்ள பொருள் ஒன்று கிடைமட்டத்திற்கு 30° கோணத்தில் சாய்ந்துள்ள சாய்தளத்தின் மீது அதற்கு இணையாகச்செல்லும் ஒரு கயிற்றினால் சமநிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கயிற்றின் இழுவிசை, சாய்தளத்தின் எதிர்விசை, எந்திரப்பயன் ஆகியவற்றைக் காண்க.

[10 பவுண்டு எடை ; 17·32 பவுண்டு எடை ; 2]

# 4. நிலைப்பாய் பொருளியல்

(Hydrostatics)

## அடர்த்தியும் ஒப்படர்த்தியும் (Density and specific gravity)

### பொருள்களின் நிலைகள்

அமைதி நிலையில் இருக்கும் திரவ (liquid), வாயுப் (gas பொருள்களைப் பற்றிக் கூறும் பகுதி நிலைப்பாய் பொருளியல் ஆகும்.

நம்மைச் சுற்றியுள்ள பொருள்கள் திட (solid), திரவ, வாயு நிலைகளில் காணப்படுகின்றன. ஒரு திடப்பொருளுக்கு எளிதில் மாற்ற முடியாத வடிவமும் அளவும் உண்டு. எவ்வளவு பெரிய விசையாலும் திடப்பொருளின் அளவிலும், வடிவத்திலும் மிகச் சிறிய மாற்றத்தையே ஏற்படுத்துகிறது. திரவத்திற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட வடிவம் கிடையாது. ஆனால், குறிப்பிட்ட பருமன் உண்டு. திரவம் அது வைக்கப்பட்டிருக்கும் கொள்கலத்தின் உருவத்தையே கொள்கிறது. அதன் உருவத்தை மிக எளிதில் மாற்றமுடியும். ஆனால், மிகப்பெரிய விசையாலும் அதன் அளவை மிகச் சிறிதே மாற்ற முடியும். திரவத்திற்கு ஒரு மேற்பரப்பு உண்டு. வாயுப் பொருளுக்கோ குறிப்பிட்ட உருவமோ பருமனோ கிடையாது. அது வைக்கப்பட்டிருக்கும் கொள்கலத்தின் உருவத்தைக் கொள்வதோடு அது முழுவதையும் நிரப்புகிறது. மேலும், திரவத்திற்கிருப்பதைப்போல் இதற்கு மேற்பரப்பு கிடையாது. வாயுக்களை மிக எளிதில் ஒரு சிறிய பருமனுக்கு அழுத்தவோ அல்லது மிகப் பெரிய பருமனுக்கு விரிக்கவோ முடியும். திரவங்களும் வாயுக்களும் பொதுவாகப் பாய் பொருள்கள் (fluids) என அழைக்கப்படுகின்றன.

**அடர்த்தி**

ஒரே பருமனைக் கொண்ட பல்வேறு பொருள்கள் பல்வேறு நிறைகளைக் கொண்டிருப்பதை நம் அன்றாட வாழ்க்கையில் காணலாம். காட்டாக, குறிப்பிட்ட பருமன் அலுமினியத்தைவிட அதே பருமன் இரும்பு அதிக நிறையைக் கொண்டுள்ளது. அவ்வாறே, ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனைக் கொண்ட மண்ணெண்ணெயைவிட அதே பருமனுள்ள பாதரசம் மிக அதிக நிறையைக் கொண்டுள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுள்ள பல்வேறு பொருள்களின் நிறை, அவற்றின் அடர்த்தியைப் பொறுத்தது.

**ஓரலகு பருமன் கொண்ட பொருளின் நிறை அப் பொருளின் அடர்த்தி ஆகும்.**

$V$ அலகுப் பருமனுள்ள ஒரு பொருளின் நிறை $M$ எனில், அப் பொருளின் அடர்த்தி $d = \frac{M}{V}$

**அடர்த்தியின் அலகுகள்**

மெட்ரிக் முறை : கிராம்/கன செ.மீ.

பிரிட்டன் முறை : பவுண்டு/கன அடி

பொதுவாக நீரின் அடர்த்தியை மெட்ரிக் முறையில் 1 கிராம்/க.செ.மீ. என்றும், பிரிட்டன் முறையில் 62·5 பவுண்டு/கன அடி என்றும் கொள்கிறோம்.

**ஒப்படர்த்தி** (Specific gravity)

ஒரு பொருளின் அடர்த்தி, நீரின் அடர்த்தியை ஒப்பு நோக்கும்போது எத்தனை மடங்கு உள்ளது என்பதை அதன் ஒப்படர்த்தி குறிக்கிறது.

**ஒரு பொருளின் ஒப்படர்த்தி, அப்பொருளின் அடர்த்திக்கும், நீரின் அடர்த்திக்கும் உள்ள தகவு ஆகும்.**

ஒரு பொருளின் ஒப்படர்த்தி $s$ ஆனால்,

$$s = \frac{\text{பொருளின் அடர்த்தி}}{\text{நீரின் அடர்த்தி}}.$$

அடர்த்தி என்பது ஓரலகு பருமனுள்ள பொருளின் நிறையாதலால்,

$$s = \frac{\text{ஓரலகு பருமனுள்ள பொருளின் நிறை}}{\text{ஓரலகு பருமனுள்ள நீரின் நிறை}}$$

அல்லது, $s = \frac{\text{பொருளின் நிறை}}{\text{அதே பருமனுள்ள நீரின் நிறை}}$

$$= \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{அதே பருமனுள்ள நீரின் எடை}}$$

ஒப்படர்த்தி என்பது ஒத்த அளவுகளின் (similar quantities) தகவு ஆதலால், அதற்கென்ற அலகு எதுவும் இல்லை.

**அடர்த்தியும் ஒப்படர்த்தியும்**

ஒப்படர்த்தி $= \frac{\text{பொருளின் அடர்த்தி}}{\text{நீரின் அடர்த்தி}}$. ஆதலால், பொருளின் அடர்த்தி = பொருளின் ஒப்படர்த்தி × நீரின் அடர்த்தி.

நீரின் அடர்த்தி மெட்ரிக் முறையில் 1 கி./க.செ.மீ. ஆதலால்,

பொருளின் அடர்த்தி = கி./க.செ.மீ.-ல் குறிக்கப்படுகின்ற அதன் ஒப்படர்த்தி.

எனவே மெட்ரிக் முறையில் ஒரு பொருளின் அடர்த்தியின் எண் மதிப்பு அதன் ஒப்படர்த்திக்குச் சமமாகும்.

பிரிட்டன் முறையில் நீரின் அடர்த்தி 62·5 ப./க. அடி ஆதலால், பொருளின் அடர்த்தி = அதன் ஒப்படர்த்தி × 62·5 ப./க. அடி.

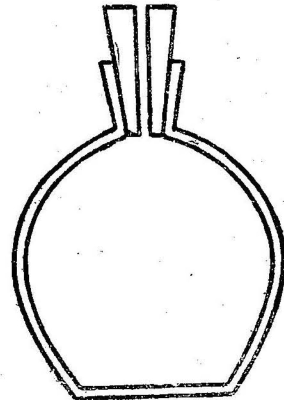
எனவே, பிரிட்டன் முறையில் ஒரு பொருளின் அடர்த்தியின் எண் மதிப்பு அதன் ஒப்படர்த்தியைப்போல் 62·5 மடங்காகும்.

மேற்கண்ட உண்மைகளிலிருந்து அடர்த்தி, ஒப்படர்த்தி ஆகியவற்றின் வேறுபாடுகளை எளிதில் உணரலாம். அடர்த்தியை ஒரு குறிப்பிட்ட அலகினைக்கொண்டு குறிப்பிடுகிறோம்; ஒப்படர்த்திக்கு எந்த அலகும் கிடையாது; அது ஒரு வெறும் எண். ஒரே பொருளின் அடர்த்தி மெட்ரிக்முறையிலும், பிரிட்டன் முறையிலும் வெவ்வேறு மதிப்பைக் கொண்டுள்ளது; ஆனால், ஒப்படர்த்தியின் மதிப்பு இரு முறைகளிலும் ஒன்றே.

அடர்த்திக்கும், ஒப்படர்த்திக்குமுள்ள எளிய தொடர்பினால் அவற்றுள் ஒன்றைக் காணின் மற்றொன்றைப் பெறலாம். வழக்கமாக, ஒப்படர்த்தியே கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது. அதற்கு வெவ்வேறு கோட்பாடுகளை அடிப்படையாகக் கொண்ட பல முறைகள் உள்ளன.

**அடர்த்தி சீசாவைக் (density bottle) கொண்டு பொருள்களின் ஒப்படர்த்தியைக் காணல்**

அடர்த்தி சீசா என்பது குறுகிய கழுத்தையுடைய சுமார் 25 அல்லது 50 க.செ.மீ. கொள்ளளவுள்ள ஒரு சீசாவாகும் [படம் 4.1]. அது ஒரு நீண்ட கண்ணாடி மூடியால் மூடப்பட்டுள்ளது. மூடியின் நீளவாக்கில் ஒரு நுண்ணிய துளை இருக்கிறது. இதனை ஒப்படர்த்தி சீசா என்றும் அழைக்கலாம்.



படம் 4.1

**திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி :** ஈரமற்ற, துப்புரவான அடர்த்திச் சீசாவை அதன் மூடியுடன் எடை காணவும். பின்னர், அதனை முழுதும் நீரால் நிரப்பி, மூடியால் மூடவும். சீசாவிலிருந்து வழிந்த நீரை ஒரு துவாலையால் துடைத்த பின், நீருடன் எடை காணவும். அடுத்து நீரை வெளியே கொட்டிய பின் சீசாவை ஈரம் போக்கி, திரவத்தால் நிரப்பி எடை பார்க்கவும்.

சோதனையின்போது சீசாவைஅதன் கழுத்தினால் கையாள வேண்டும். சீசாவை ஒருபோதும் உள்ளங்கையில் வைக்கக் கூடாது. அப்படிச் செய்தால் உடலின் வெப்பத்தால் சீசாவிலுள்ள திரவம் விரிவடைந்து சீசாவினின்று வெளியேறும்.

எடைகளைப் பின்வருமாறு குறிக்கவும் :

காலிச் சீசாவின் எடை $= w_1$
நீர் நிரப்பிய பின் எடை $= w_2$
திரவம் நிரப்பிய பின் எடை $= w_3$
சீசாவை நிரப்பும் நீரின் எடை $= w_2 - w_1$
சீசாவை நிரப்பும் திரவத்தின் எடை $= w_3 - w_1$

சீசாவை நிரப்பும் நீர், திரவம் ஆகியவற்றின் பருமன் ஒரே அளவாயிருப்பதால்,

$$\text{திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{திரவத்தின் எடை}}{\text{அதே பருமனுள்ள நீரின் எடை}}$$

$$= \frac{w_3 - w_1}{w_2 - w_1}$$

**நீரில் கரையாத் திடப்பொருளின் ஒப்படர்த்தி**

சீசாவினுள் செல்லுமளவிற்குத் திடப்பொருள் சிறுசிறு துண்டுகளாக இருக்கவேண்டும்.

ஓர் ஈரமற்ற துப்புரவான அடர்த்தி சீசாவை அதன் மூடியுடன் எடை காணவும் ($w_1$). திடப்பொருள் துண்டுகளைப் போதுமான அளவு சீசாவினுள் எடுத்துக்கொண்டு எடையைக் காணவும் ($w_2$). திடப்பொருள் துண்டுகளோடு நீரையும் நிரப்பி எடையைக் காணவும் ($w_3$). பின்னர் நீரையும் திடப்பொருள் துண்டுகளையும் வெளியே கொட்டிவிட்டு சீசாவை முழுதும் நீரால் நிரப்பி எடையைக் காணவும் ($w_4$). எடைகள் பின்வருமாறு:

காலி சீசாவின் எடை $= w_1$

திடப்பொருள்களுடன் சீசாவின் எடை $= w_2$

திடப்பொருள், நீர் ஆகியவற்றுடன் சீசாவின் எடை $= w_3$

முழுவதும் நீர் அடங்கிய சீசாவின் எடை $= w_4$

எனவே,

திடப்பொருள் துண்டுகளின் எடை $= w_2 - w_1$

சீசாவை முழுதும் நிரப்பிக்கொண்டிருக்கும் நீரின் எடை $= w_4 - w_1$

திடப்பொருளுடன் சீசாவை நிரப்பிக்கொண்டிருக்கும் நீரின் எடை $= w_3 - w_2$

திடப்பொருளின் இடத்தை நிரப்பும் நீரின் எடை $= (w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)$

$= (w_4 + w_2) - (w_3 + w_1)$

$$\therefore \text{திடப்பொருளின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{அதே பருமனுள்ள நீரின் எடை}}$$

$$= \frac{w_2 - w_1}{(w_4 + w_2) - (w_3 + w_1)}$$

**நீரில் கரையும் பொருளின் ஒப்படர்த்தி**

இங்குத் திடப்பொருள், நீரில் கரையுமாதலால், நீருக்குப் பதில் அப்பொருள் கரையாத, தெரிந்த ஒப்படர்த்தியுள்ள ஒரு

திரவத்தைக் கொண்டு முன்சொன்னவாறே சோதனையைச் செய்ய வேண்டும்.

பொருளின் எடை $= w_2 - w_1$

அதே பருமனுள்ளதிரவத்தின் எடை $= (w_4 + w_2) - (w_3 + w_1)$.

$$\text{பொருளின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{அதே பருமனுள்ள நீரின் எடை}}$$

இதனையே

$$s = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{அதே பருமனுள்ள திரவத்தின் எடை}} \times \frac{\text{அதே பருமனுள்ள திரவத்தின் எடை}}{\text{அதே பருமனுள்ள நீரின் எடை}}$$

என்று எழுதலாம்.

எனவே,

$$s = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{அதே பருமனுள்ள திரவத்தின் எடை}} \times \text{திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி}$$

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஆல்கஹாலைக் கொண்டு நீரில் கரையும் பொருள் ஒன்றின் ஒப்படர்த்தியைக் காணும் சோதனையில் பின்வரும் காட்சிப் பதிவுகள் செய்யப்பட்டன :

காலி அடர்த்தி சீசாவின் எடை = 16·72 கிராம்
பொருளுடன் சீசாவின் எடை = 56·22 கிராம்
பொருள், ஆல்கஹாலுடன் சீசாவின் எடை = 65·72 கிராம்
முழுவதும் ஆல்கஹால் நிரம்பிய சீசாவின் எடை = 35.72 கிராம்

ஆல்கஹாலின் ஒப்படர்த்தி 0.8 என்றால் பொருளின் ஒப்படர்த்தியைக் காண்க.

**விடை :** பொருளின் எடை = 56·22 − 16·72 = 39.50 கிராம்

சீசாவை முழுதும் நிரப்பும் ஆல்கஹாலின் எடை = 35·72 − 16·72
= 19 கிராம்

பொருளுடன் சீசாவை நிரப்பும் ஆல்கஹாலின் எடை = 65·72 − 56·22
= 9·5 கிராம்

∴ பொருளின் இடத்தை நிரப்பும் ஆல்கஹாலின் எடை = 19 − 9·5
= 9·5 கிராம்.

பொருளின் ஒப்படர்த்தி =

$$\frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{அதே பருமனுள்ள ஆல்கஹாலின் எடை}} \times \begin{matrix}\text{ஆல்கஹாலின்}\\ \text{ஒப்படர்த்தி}\end{matrix}$$

$$= \frac{39{\cdot}5}{9{\cdot}5} \times {\cdot}8$$

$$= 3{\cdot}33$$

நீரில் கரையும் பொருளின் ஒப்படர்த்தி = 3·33

2. பித்தளையில், தாமிரமும் துத்தநாகமும் எடையால் முறையே 65 பாகமும் 35 பாகமும் உள்ளன. தாமிரம், துத்த நாகம் ஆகியவற்றின் ஒப்படர்த்திகள் முறையே 8·9, 7·1 என்றால் பித்தளையின் அடர்த்தியைக் காண்க.

**விடை :** 100 கிராம் பித்தளையை எடுத்துக் கொள்வோம். அதில் 65 கிராம் தாமிரமும், 35 கிராம் துத்தநாகமும் உள்ளன.

தாமிரத்தின் அடர்த்தி = 8·9 கிராம்/க.செ.மீ.

துத்தநாகத்தின் அடர்த்தி = 7·1 கிராம்/க.செ.மீ.

எனவே, 100 கிராம் பித்தளையிலுள்ள

தாமிரத்தின் பருமன் $= \frac{65}{8{\cdot}9} = 7.303$ க.செ.மீ.

துத்தநாகத்தின் பருமன் $= \frac{35}{7{\cdot}1} = 4{\cdot}929$ க.செ.மீ.

∴ 100 கிராம் பித்தளையின் பருமன் = 12·232 க.செ.மீ.

பித்தளையின் அடர்த்தி $= \frac{100}{22{\cdot}232} = 8.11$ கிராம்/க.செ.மீ.

## வினாக்கள்

1. அடர்த்தி, ஒப்படர்த்தி ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக. நீரில் கரையும் பொருள் ஒன்றின் ஒப்படர்த்தியைக் காண்பதற்கான சோதனையை விவரிக்க.

2. காலி அடர்த்தி சீசா ஒன்றின் எடை 15·93 கிராம். நீருடன் அதன் எடை 64·72 கிராம்; மண்ணெண்ணெயுடன் எடை 55·51 கிராம். எண்ணெயின் ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடுக. [0.809]

3. ஒரு பொருளின் ஒப்படர்த்தியைக் காணும் சோதனையில் பின்வரும் காட்சிப் பதிவுகள் செய்யப்பட்டன:

| | |
|---|---|
| காலி அடர்த்தி சீசாவின் எடை | = 15·93 கிராம் |
| பொருளுடன் சீசாவின் எடை | = 23.99 கிராம் |
| பொருளுடன் நீர் நிரப்பப்பட்ட சீசாவின் எடை | = 71,95 கிராம் |

முழுதும் நீர் நிரம்பிய சீசாவின் எடை = 64·72 கிராம்
பொருளின் ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடுக. [9·7]

4. ஒரு தங்க மோதிரத்தில் தங்கமும் தாமிரமும் எடையால் முறையே 90 சதவீதமும், 10 சதவீதமும் இருக்கின்றன. மோதிரம் செய்யும்போது அவற்றின் மொத்தப் பருமனில் 5 சதவீதம் குறைகிறது. மோதிரம் செய்யப்பட்டிருக்கும் உலோகக் கலவையின் அடர்த்தியைக் கணக்கிடுக. (தங்கத்தின் ஒப்படர்த்தி 19·3, தாமிரத்தின் ஒப்படர்த்தி 8·96) [18·12]

## அழுக்கமும் அழுத்தமும் (Thrust and pressure)

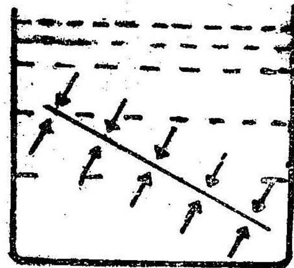
### அழுக்கம்

பொதுவாக ஒரு பொருள் மற்றொரு பொருள்மீது வைக்கப்பட்டிருக்கும்போது, இரண்டிற்கும் பொதுவான பரப்பிற்கு நேர்குத்துத் திசையில் ஒவ்வொன்றும் மற்றதன் மீது ஒரு விசையைச் செயற்படுத்தும். அத்தகைய விசைக்கு அழுக்கம் என்று பெயர்.

**அழுக்கம் என்பது அமைதியான ஒரு திரவத்தில் அமிழ்ந்திருக்கும் ஒரு பரப்பில் அதன் தளத்திற்கு நேர்குத்துத் திசையில் செயற்படும் விசையாகும்.** நீர் நிறைந்த ஒரு தொட்டியின் அடித்தளம் அதன் மீது நிற்கும் நீரின் எடைக்குச் சமமான விசையால் தாக்கப்படுகிறது. தொட்டியின் சுவர்களும் அவற்றின் பரப்பிற்கேற்ற அழுக்கங்களால் தாக்கப்படுகின்றன.

### சீரான அழுக்கம் (uniform thrust)

சமப்பரப்புகளின்மீது — அவை எவ்வளவு சிறியனவாயிருப்பினும்—செயற்படும் அழுக்கங்கள் சமமாக இருப்பின், அழுக்கம் சீரான அழுக்கம் எனப்படும்.


படம் 4.2

**அழுக்கத்தின் அலகுகள்:** ஒரு பரப்பின்மீது செயற்படும் நேர்குத்து விசையையே அதன் மீது செயற்படும் அழுக்கம்என்று அழைப்பதால் விசைக்கான அலகுகளைக் கொண்டே அழுக்கத்தையும் அளவிடுகிறோம். அவற்றைப் பின்வரும்அட்டவணையில் காணலாம்.

| அலகு | மெட்ரிக் முறை | பிரிட்டன் முறை |
|---|---|---|
| சார்பிலா அலகு | டைன் | பவுண்டல் |
| ஈர்ப்பலகு | கிராம் எடை | பவுண்டு எடை |

**அழுத்தம்**

**ஒரு பரப்பின் மீது செயற்படும் அமுக்கம் சீரானதாக இருந்தால், மொத்த அமுக்கத்திற்கும் பரப்பின் பரப்பள விற்கும் உள்ள விகிதம் பரப்பின் மீது உள்ள எந்தப் புள்ளியி லும் உள்ள அழுத்தம் எனப்படும்.**

அமுக்கம் சீரானதாக இல்லாவிடில் ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம், அப் புள்ளியைச் சுற்றியுள்ள மிக நுண்ணிய பரப் பளவின்மீது செயற்படும் அமுக்கத்திற்கும், அந்தப் பரப்பள விற்கும் உள்ள விகிதம் ஆகும்.

எப்படியாயினும்,

$$\text{அழுத்தம்} = \frac{\text{அமுக்கம்}}{\text{பரப்பளவு}}$$

**அழுத்தத்தின் அலகுகள்**

அழுத்தம் என்பது ஓரலகு பரப்பளவின் மீது செயற்படும் அமுக்கம் ஆதலால், அதன் அலகுகளைக் கீழ்க்காணுமாறு குறிக்கலாம்:

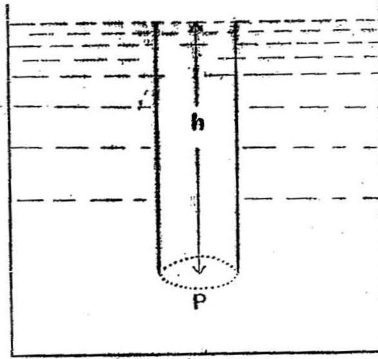
| அலகு | மெட்ரிக் முறை | பிரிட்டன் முறை |
|---|---|---|
| சார்பிலா அலகு | டைன்/ச.செ.மீ. | பவுண்டல்/ச.செ.மீ. |
| ஈர்ப்பலகு | கிராம் எடை/ ச.செ.மீ. | பவுண்டு எடை ச.செ.மீ. |

**திரவத்தினுள் ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம்**

ஒரு திரவத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து $h$ அலகு ஆழத்தி லுள்ள $A$ என்ற புள்ளியை எடுத்துக்கொள்வோம் [படம் 4.3]. திரவத்தின் அடர்த்தி $d$ அலகு எனக் கொள்வோம்.

$A$-ல் அழுத்தத்தைக் கீழ்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

$A$ஐச் சுற்றிக் கிடைதளத்தில் $a$ அலகு பரப்பளவு கொண்ட மிகச் சிறிய பரப்பு ஒன்றைக் கருதலாம். அதன் மீது




படம் 4·3

செயற்படும் அமுக்கம் அதன்மீது நிற்கும் எடைக்குச் சமமாகும். அதாவது, $h$ அலகு உயரம், $a$ அலகு குறுக்குப் பரப்பளவு கொண்ட திரவத்தம்பத்தின் எடைக்குச் சமமாகும்.

எனவே, அமுக்கம் $= h \times a \times d \times g$ சார்பிலா அலகுகள்.

$$\text{அழுத்தம் } (P) = \frac{\text{அமுக்கம்}}{\text{பரப்பளவு}}$$

$$= \frac{h\,a\,d\,g}{a}$$

அதாவது, $P = h\,d\,g$ சார்பிலா அலகுகள் ........4.1

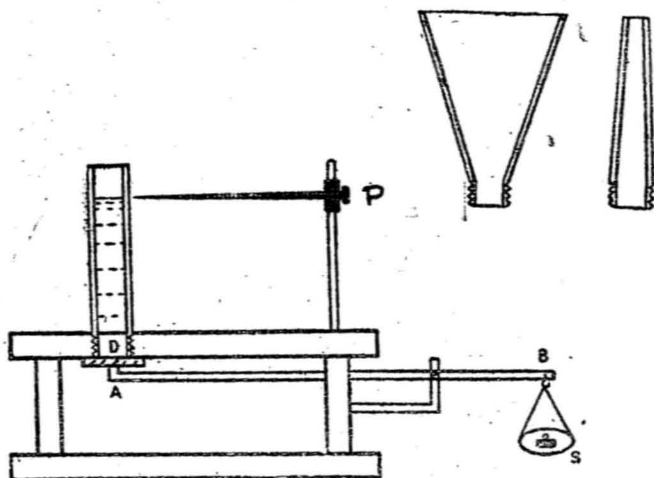
அல்லது $P = h\,d$ ஈர்ப்பலகுகள்.

**அமுக்கத்தின் பண்புகள்**

1. திரவத்தால் நிரப்பப்பட்ட ஒரு கொள்கலத்தின் கிடைமட்டமான அடித்தளத்தின் மீது செயற்படும் அமுக்கம் கலத்தின் வடிவத்தை அல்லாது அடித்தளத்தின் பரப்பளவை மட்டுமே பொறுத்துள்ளது. இதனைப் பாஸ்கல் கலங்களைக் (Pascal's vases) கொண்டு தெளிவாக்கலாம்.

பாஸ்கல் கலங்கள் என்பவை பல்வேறு வடிவங்களையுடைய கலங்களாகும். அவற்றின் அடிப்பகுதிகள் மூடப்

படாமல் ஒரே பரப்பளவு உடையனவாய் இருக்கும் [படம் 4.4]. அவை ஒவ்வொன்றையும் ஒரு தாங்கியில் (stand) உள்ள ஒரு துளையில் திருகலாம். தாங்கியின் அடிப்பகுதியில் $AB$ என்ற நெம்புகோலின் ஒரு முனையிலுள்ள $D$ என்ற தட்டால் துளை மூடப்பட்டிருக்கும். நெம்புகோலின் மறுமுனையில் ஒரு நிறைத்தட்டு (scale pan) உள்ளது. கலத்தில் நீர்மட்டத்தைக் குறிக்க ஒரு குறிமுள் ($P$) உள்ளது. இதனை மேலும் கீழும் நகர்த்தலாம். நிறைத்தட்டின் மீது எடைகளை வைத்தால்,




படம் 4.4

$D$ என்ற தட்டு, துளையை அதாவது அதில் திருகப்பட்டுள்ள கலத்தின் அடிப்பகுதியை இறுக்கமாக மூடிக்கொள்ளும். இந் நிலையில், கலத்தின் அடிப்பகுதியில் கசிவு ஏற்படும்வரை நீர் ஊற்றவும். கசிவு ஏற்படத் தொடங்கியவுடன் கலத்தில் நீர் மட்டத்தைக் குறிமுள்ளைக் கொண்டு குறித்துக் கொள்ளவும்.

பின்னர், துளையில் திருகியுள்ள கலத்தை எடுத்துவிட்டு, மற்றக் கலங்களைத் திருகி, அடிப்பகுதியில் கசிவு ஏற்படும்வரை நீரை ஊற்றவும். ஒவ்வொரு கலத்திலும் நீர்மட்டம் குறி முள்ளைத் தொட்டவுடன் நீர் கசியத் தொடங்குவதைக் காண லாம். எனவே, எல்லாக் கலங்களிலும் $D$ என்ற தட்டு அழுத்தப் படும்போது அதன்மீதுள்ள அமுக்கம் ஒரே அளவாயிருக் கிறது என்பது பெறப்படுகிறது.

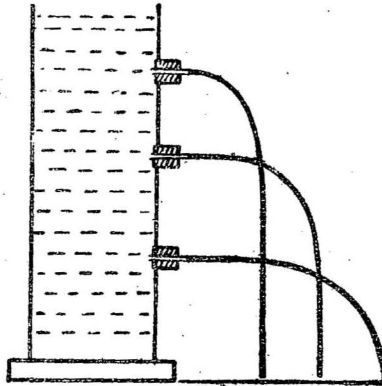
2. ஒரு திரவத்துள் அமிழ்த்தப்பட்ட செங்குத்துப் பரப்பின்மீது செயற்படும் அமுக்கம், அப் பரப்பின் புவியீர்ப்பு மையத்தில் உள்ள அழுத்தம், பரப்பின் பரப்பளவு ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனுக்குச் சமமாகும்.

### அழுத்தத்தின் பண்புகள்

ஒரு திரவத்தினுள் ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் அழுத்தத்திற்கான கோவையிலிருந்து (expression) அழுத்தத்தின் பின்வரும் பண்புகளைப் பெறலாம் :

1. ஒரு திரவத்தில் ஆழத்திற்கேற்ப அழுத்தமும் மாறுகிறது. இதனைப் பீற்றுக்கலச் (spouting cylinder) சோதனையால் மெய்ப்பிக்கலாம்.

பீற்றுக்கலம் என்பது ஒரு செங்குத்தான உருளைவடிவக் கலமாகும் [படம் 4.5]. அதன் பக்கச் சுவரில் வெவ்வேறு

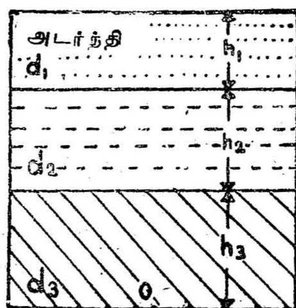


படம் 4.5

உயரங்களில் துளைகள் உள்ளன. கலம் நீரால் நிரப்பப்படும் போது கலத்தின் அடிப்பாகத்திற்கு அருகிலுள்ள துளையிலிருந்து வெளிப்படும் நீர் அதிகத் தொலைவில் விழுவதையும், கலத்தின் உச்சியில் உள்ள துளையிலிருந்து வெளிப்படும் நீர் குறைந்த தொலைவில் விழுவதையும் காணலாம். இது நீரின் அதிக ஆழத்தில் அதிக அழுத்தம் இருப்பதைக் காட்டுகிறது.

2. ஒன்றுக்கொன்று கலவாத, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட திரவத்தம்பங்களுக்கு அடியில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம் :

படம் 4.6-ல் $A$, $B$, $C$ என்பவை ஒன்றின்மேல் ஒன்முக அமைந்திருக்கும் மூன்று திரவத் தம்பங்கள். $A$, $B$, $C$ ஆகிய மூன்று திரவங்களின் உயரமும், அடர்த்தியும் முறையே $h_1$, $d_1$; $h_2$, $d_2$; $h_3$, $d_3$ எனக் கொள்வோம், மூன்று திரவங்களுக்கும் அடியில் உள்ள $O$ என்ற புள்ளியைக் கருதுவோம்.



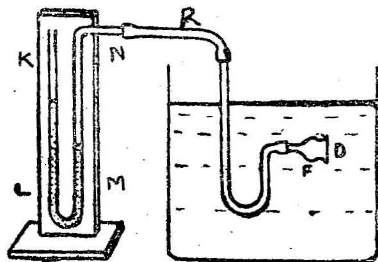

படம் 4.6

$O$-ல் அழுத்தம் $(P)$ = $A$ என்ற திரவத்தின் அழுத்தம் + $B$ என்ற திரவத்தின் அழுத்தம் + $C$ என்ற திரவத்தின் அழுத்தம்.

அதாவது, $P = h_1 d_1 g + h_2 d_2 g + h_3 d_3 g$ சார்பிலா அலகுகள்.

3. ஒரு திரவத்தினுள் ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் அழுத்தம் எல்லாத் திசைகளிலும் ஒரே அளவாயிருக்கும். இதனைக் கீழ்க்காணும் சோதனையால் மெய்ப்பிக்கலாம் :

சோதனைக்கான அமைப்பைப் படம் 4.7-ல் காணலாம். படத்தில் $F$ என்பது ஒரு புனல்· அதன் வாய் $D$ என்ற இரப்பர் சவ்விஞல் மூடப்பட்டுள்ளது. புனல் $KLMN$ என்ற U வடிவக் குழாயுடன் $R$ என்ற இரப்பர் குழாய் மூலமாக இணைக்கப் பட்டிருக்கிறது. U வடிவக் குழாயில் ஓரளவு வண்ண மூட்டப் பெற்ற நீர் இருக் கிறது. புனல் நீர் மட்டத் திற்கு மேல் இருக்கும்போது U வடிவக் குழாயில் நீர்மட் டங்கள் ஒரே அளவாக இருக் கும். புனல் நீரினுள் அமிழ்த் தப்படும்போது இரப்பர் சவ்வின்மீது செயற்படும் அமுக்கத்தி ஞல் இரப்பர் குழாயினுள் உள்ள காற்று அமுக்கப்படுகிறது. எனவே, U வடிவக் குழாயின் $MN$ புயத்தில் உள்ள நீர்மட்டம் கீழே இறங்கி $KL$ புயத்தில் மேலே செல்லுகிறது. நீர்மட்டங் களின் உயர வேறுபாடு நீரினுள் இரப்பர் சவ்வின் மையப் புள்ளியில் $(P)$ உள்ள அழுத்தத்தைப் பொறுத்ததாகும். இப் போது இரப்பர் சவ்வு ஒரு நிலையான புள்ளியைச் $(P)$ சுற்றி வெவ்வேறு திசைகளை நோக்குமாறு புனலைச் சுழற்றிஞல் U வடிவக் குழாயில் நீர் மட்டங்கள் மாருமல் இருப்பதைக்

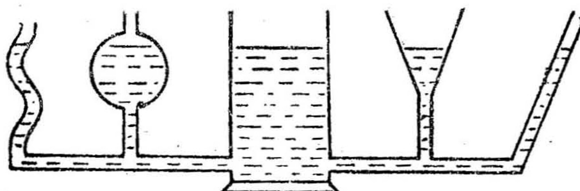



படம் 4.7

காணலாம். இது $P$ என்ற புள்ளியில் அழுத்தம் எல்லாத் திசைகளிலும் ஒரே அளவாய் இருக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

4. ஒரே கிடைதளத்தில் உள்ள எல்லாப் புள்ளிகளிலும் அழுத்தம் ஒரே அளவாயிருக்கும். இதனையும் மேற்சொல்லப்பட்ட அமைப்பைக் கொண்டு மெய்ப்பிக்கலாம். புனல் ஒரே ஆழத்திலிருக்குமாறு அதனைக் கிடைதளத்தில் நகர்த்த வேண்டும். இப்போது U வடிவக் குழாயில் நீர்மட்டங்கள் மாருதிருப்பதைக் காணலாம்.

5. அமைதிநிலையில் இருக்கும் திரவத்தின் மேற்பரப்பு கிடைமட்டமாக (horizontal) இருக்கும். இதனைப் படம் 4.8-ல் காணப்படும் கருவியைக் கொண்டு மெய்ப்பிக்கலாம். கருவியி



படம் 4.8

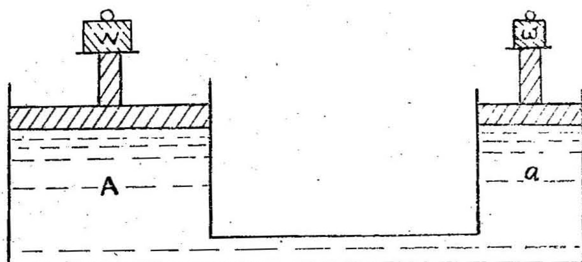
லுள்ள வெவ்வேறு வடிவக் கலங்கள் நீரால் நிரப்பப்படின் எல்லாக் கலங்களிலும் நீர்மட்டம் ஒரே அளவாய் இருப்பதைக் காணலாம்.

6. திரவத்தினுள் அழுத்தம் கடத்துதலைப்பற்றிய பாஸ்கலின் விதி :

**அமைதி நிலையிலுள்ள திரவத்தில் ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அதிகரிக்கப்பட்டால் மற்ற எல்லாப் புள்ளிகளிலும் உள்ள அழுத்தங்கள் அதே அளவு அதிகமாகும்.**

இதனைக் கீழ்வரும் சோதனையால் தெளிவாக்கலாம். இதற்கான கருவியைப் படம் 4.9-ல் காணலாம். படத்தில் $P$, $Q$ என்பவை வெவ்வேறு குறுக்குப் பரப்பளவுகளைக் கொண்ட உருளை வடிவக் கலங்கள். அவையிரண்டும் ஓர் அகலமான குழாயினுல் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒவ்வொரு கலத்திற்கும் ஒவ்வோர் உந்துதண்டு (piston) உண்டு. கலங்களுள் தக்க

அளவிற்கு நீர் ஊற்றப்பட்டு உந்துதண்டுகள் சரியீடு செய்யப்பட்ட நிலையில் இருக்கின்றன.




படம் 4·9

$P$ கலத்தின் குறுக்குப் பரப்பளவு $A$ ஆகவும், $Q$ கலத்தின் குறுக்குப் பரப்பளவு $a$, ஆகவும் இருக்கட்டும். இப்போது, சிறிய உந்துதண்டின் மீது $w$ என்ற எடை வைக்கப்படுமாயின் உந்துதண்டுகளைச் சரியீடு செய்வதற்குப் பெரிய உந்து தண்டின் மீது $w.\frac{A}{a}$-க்குச் சமமான எடையை வைக்கவேண்டியிருப்பதைக் காணலாம். இதனை பாஸ்கல் விதியின் அடிப்படையில் பின்வருமாறு விளக்கலாம்.

சிறிய உந்துதண்டின் மீது $w$ என்ற எடையை வைக்கும் போது அதன் மீதுள்ள அழுத்தம் $\frac{w}{a}$ அளவு அதிகமாகிறது. இந்த அதிகரிப்புப் பெரிய உந்துதண்டின் ஒவ்வொரு புள்ளிக்கும் செலுத்தப்படுவதால் அது உணரும் அதிக அமுக்கம் $\frac{w}{a} \times A$ ஆகும். எனவே, உந்துதண்டுகளைச் சரியீடுசெய்யப் பெரிய உந்துதண்டின் மீது $\frac{w}{a} \times A$-க்குச் சமமான எடையை வைக்க வேண்டியிருக்கிறது.

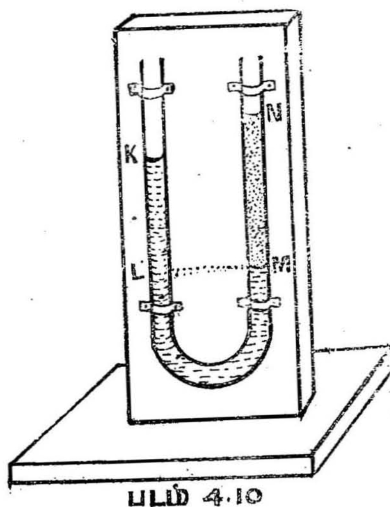
பாஸ்கல் விதியை அடிப்படையாகக் கொண்டு பிராமா அழுத்தி எந்திரம் (Bramah press) என்ற நீரியல் எந்திரம் (hydrostatic machine) உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இதனைப்பற்றி விரிவாகப் பாய்பொருளியல் எந்திரங்கள் என்ற தலைப்பில் பின்னர்க் கூறப்படும்.

**சரியீட்டுத் தம்பங்கள் (Balancing columns)**

ஒன்றையொன்று சரியீடு செய்யக்கூடிய அழுத்தங்களைக் கொடுக்கும் திரவத்தம்பங்கள் சரியீட்டுத் தம்பங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவற்றின் உதவியால் திரவங்களின் ஒப்படர்த்தியைக் காணலாம். இவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்ட இரு கருவிகள் U வடிவக் குழாயும், ஹேர் கருவியும் (Hare's apparatus) ஆகும்.

**U வடிவக் குழாய்**

இக் கருவியைப் படம் 4.10-ல் காணலாம். *KLMN* என்ற U வடிவில் வளைக்கப்பட்ட சுமார் 50 செ.மீ. உயரமுள்ள




படம் 4.10

கண்ணாடிக் குழாய் ஒன்று செங்குத்தான தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. *KL*, *MN* பகுதிகள் U வடிவக் குழாயின் புயங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு புயத்திற்கும் பக்கத்தில் ஓர் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

இனி, இதனைக் கொண்டு திரவங்களின் ஒப்படர்த்தியை எவ்வாறு காண்பது என்பதைப் பார்ப்போம்.

*a*. **நீருடன் கலவாத எண்ணெய் போன்ற திரவங்கள் :** முதலில் எடை அதிகமுள்ள (இங்கு நீர்) திரவத்தை ஒரு புயம் வழியாக ஊற்றவும். இப்போது நீர்மட்டம் இரு புயங்களிலும் ஒரே அளவாய் இருக்கும். பின்னர், அடுத்த

புயத்தினுள் மற்றத்திரவத்தைச் சுமார் 10 முதல் 15 செ.மீ. வரை உயரமிருக்குமாறு ஊற்றவும். இரண்டு திரவங்களும் ஒன்றுடன் ஒன்று கலவா. ஆகவே, இரண்டும் பிரிந்து நின்று ஒரு பொதுப் பரப்பைக் கொடுக்கும். அது $M$ என்ற இடத்தில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். $M$-ன் வழியே செல்லும் கிடை கோடு அடுத்த புயத்தில் $L$ வழியே செல்வதாகக் கொள்வோம். இப்போது $L$-க்கு மேலுள்ள நீர்த் தம்பத்தின் உயரத்தையும், $M$-க்கு மேலுள்ள திரவத் தம்பத்தின் உயரத்தையும் அளவிட்டுக் கொள்ளவும். அவை முறையே $h_1$, $h_2$ என்று வைத்துக் கொள்வோம். நீரின் அடர்த்தி $d_1$ ஆகவும், திரவத்தின் அடர்த்தி $d_2$ ஆகவும் இருக்கட்டும். $KLM$ என்பது ஒரு தொடர்ச்சியான நீர்த்தம்பம் ஆனதால், $L$, $M$ ஆகிய இரு புள்ளிகளிலும் அழுத்தம் சமமாக இருக்கும்.

அதாவது, $L$-ல் அழுத்தம் = $M$-ல் அழுத்தம்

$$\therefore \quad h_1 d_1 g = h_2 d_2 g$$

அல்லது, $$h_1 d_1 = h_2 d_2$$

$$\text{திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி } (s) = \frac{\text{திரவத்தின் அடர்த்தி}}{\text{நீரின் அடர்த்தி}}$$

$$\therefore \quad s = \frac{d_2}{d_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$\text{ஒப்படர்த்தி } (s) = \frac{\text{நீர்த்தம்பத்தின் உயரம்}}{\text{திரவத் தம்பத்தின் உயரம்.}}$$

திரவத் தம்பங்களை வெவ்வேறு உயரங்களுக்கு மாற்றி, சோதனையைத் திரும்பவும் செய்து சராசரி ஒப்படர்த்தியைக் காணலாம். அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம் :

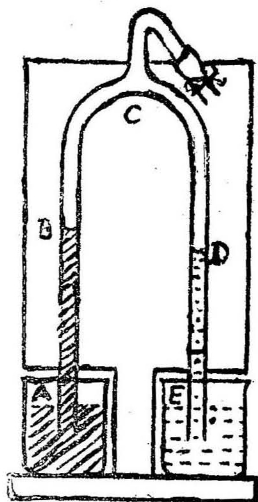
| சோதனை எண் | நீர்த்தம்பத்தின் உயரம் $h_1$ | திரவத் தம்பத்தின் உயரம் $h_2$ | ஒப்படர்த்தி $=\frac{h_1}{h_2}$ |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | சராசரி ஒப்படர்த்தி | |

திரவம் நீருடன் கலக்கக் கூடியதாயிருந்தால் (உப்புக் கரைசல் அல்லது மயில்துத்தக் கரைசல்) U வடிவக் குழாயின் அடிப்பகுதியை முதலில் பாதரசத்தால் நிரப்பிக் கொண்டபின் நீரையும் திரவத்தையும் இரு புயங்களிலும் பாதரச மட்டங்கள் அதே அளவுக்கு வரும்வரை ஊற்றவேண்டும். நீர்த்தம்பத்தின் உயரம் $h_1$ ஆகவும், திரவத் தம்பத்தின் உயரம் $h_2$ ஆகவும் இருந்தால்,

$$\text{திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{h_1}{h_2}$$

**ஹேர் கருவி**

இது நீருடன் கலக்கக்கூடிய திரவத்தின் ஒப்படர்த்தியைக் காண்பதற்கு மிகவும் பயன்படக்கூடிய வசதியான கருவி. இதன் அமைப்பைப் படம் 4.11-ல் காணலாம். இதில் $ABCDE$ என்ற U வடிவக் குழாய் ஒன்று தலை கீழாக ஒரு தாங்கியில் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. குழாயின் வளைந்த பகுதி யின் உச்சியில் ($C$) பக்கக் குழாய் ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. பக்கக் குழாயுடன் ஓர் இரப்பர் குழாய் இணைக்கப்பட்டு, அதனை மூடவும் திறக்கவும் ஏற்ப ஒரு இறுக்கியும் (clip) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு புயத்திற்கும் ஓர் அளவு கோலும் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. புயங்களின் $A$ முனை ஒரு முகவையில் வைக்கப்பட் டுள்ள திரவத்திலும், $E$ முனை மற்றொரு முகவையில் வைக்கப்பட்டுள்ள நீரிலும் அமிழ்ந்திருக்கின்றன.



படம் 4.11

திரவத்தின் ஒப்படர்த்தியைக் காண, இறுக்கியைத் தளர்த்தி இரப்பர் குழாயின் மூலமாகக் காற்றை லேசாக உறிஞ்ச வேண்டும். இப்போது புயங்களில் நீரும் திரவமும் ஏறும். சுமார் 15 முதல் 20 செ.மீ. உயரத்திற்கு அவை ஏறிய உடன் இறுக்கியை இறுக்கி, இரப்பர் குழாயை மூடிவிட்டால் திரவங்கள் ஏறின நிலையிலேயே நின்றுவிடும். இப்போது முகவையிலுள்ள நீர்மட்டத்திலிருந்து குழாயினுள் உள்ள நீர் மட்டத்தின் உயரத்தை நீர்த்தம்பத்தின் உயரமாகவும் ($h_1$), முகவையிலுள்ள திரவமட்டத்திலிருந்து குழாயினுள் உள்ள

திரவ மட்டத்தின் உயரத்தைத் திரவத்தம்பத்தின் உயரமாகவும் ($h_2$) அளக்கலாம். நீரின் அடர்த்தி $d_1$ எனவும், திரவத்தின் அடர்த்தி $d_2$ எனவும் கொள்வோம். குழாயினுள் திரவ மட்டங்களுக்குமேல் உள்ள காற்றின் அழுத்தம் $P$ ஆக இருக்கட்டும். முகவைகளில் திரவமட்டங்கள் காற்றின் அழுத்தத்திற்கு உட்பட்டிருப்பதால்,

$A$-ல் அழுத்தம் $=$ $E$-ல் அழுத்தம் $=$ காற்றின் அழுத்தம்

$A$-ல் அழுத்தம் $=$ $B$-ல் அழுத்தம் $+ h_1$ செ.மீ. நீர்த் தம்பத்தின் அழுத்தம்

$$= P + h_1 d_1 g$$

$E$-ல் அழுத்தம் $=$ $D$-ல் அழுத்தம் $+ h_2$ செ.மீ. திரவத் தம்பத்தின் அழுத்தம்

$$= P + h_2 d_2 g$$

எனவே, $P + h_1 d_1 g = P + h_2 d_2 g$

அல்லது, $h_1 d_1 = h_2 d_2$

எனவே, ஒப்படர்த்தி $(s) = \frac{d_2}{d_1} = \frac{h_1}{h_2}$

$$\text{ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{நீர்த் தம்பத்தின் உயரம்}}{\text{திரவத் தம்பத்தின் உயரம்}}$$

நீர்த்தம்பத்தையும் திரவத்தம்பத்தையும் வெவ்வேறு உயரங்களுக்கு மாற்றி, சோதனையைத் திரும்பச் செய்து திரவத்தின் சராசரி ஒப்படர்த்தியைக் காணலாம். அளவீடுகளைக் கீழ்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம் :

| சோதனை எண் | நீர்த்தம்பத்தின் உயரம் $h_1$ | திரவத் தம்பத்தின் உயரம் $h_2$ | ஒப்படர்த்தி $= \frac{h_1}{h_2}$ |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | திரவத்தின் சராசரி ஒப்படர்த்தி | |

U வடிவக் குழாயிலும், ஹேரின் கருவியிலும் நீருக்குப் பதிலாக வேறொரு திரவத்தைப் பயன்படுத்துவதாகக் கொள்வோம்.

முதல் திரவத்தம்பத்தின் உயரம் $h_1$ ஆகவும்,

இரண்டாம் திரவத்தம்பத்தின் உயரம் $h_2$ ஆகவும்,

அத்திரவங்களின் அடர்த்திகள் முறையே $d_1$, $d_2$ ஆகவும் இருந்தால்,

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1} \text{ ஆகும்.}$$

எனவே, இம் முறைகளைக் கொண்டு இரண்டு திரவங்களின் அடர்த்திகளை ஒப்பு நோக்கலாம்.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு கலத்தினடியில் 15 செ.மீ. உயரத்திற்குப் பாதரசமும் அதன்மீது 20 செ.மீ. உயரத்திற்கு ஆல்கஹாலும் இருக்கின்றன. பாதரசத்தின் மேற்பரப்பிலும், கலத்தின் அடித்தளத்திலும் அமுக்கத்தைக் கணக்கிடுக. கலத்தின் நீளம் 20 செ.மீ., அகலம் 10 செ.மீ. ஆனால், அதன் அடிப்பாகத்தைத் தாக்கும் அமுக்கத்தைக் கணக்கிடுக.

**விடை:** பாதரசத்தின் அடர்த்தி = 13·6 கி./க.செ.மீ.
ஆல்கஹாலின் அடர்த்தி = 0·8 கி./க.செ.மீ.

(i) பாதரசத்தின் மேற்பரப்பில் அழுத்தம்
=20 செ.மீ. ஆல்கஹாலின் அழுத்தம்
$= 20 \times \cdot 8 \times 980 = 15{,}680$ டைன்கள்/ச.செ.மீ.
$= \frac{15{,}680}{980} = 16$ கிராம் எடை/ச.செ.மீ.

(ii) கலத்தின் அடித்தளத்தில் அழுத்தம்
=20 செ.மீ. ஆல்கஹாலின் அழுத்தம் + 15 செ.மீ. பாதரசத்தின் அழுத்தம்
$= 20 \times \cdot 8 \times 980 + 15 \times 13{\cdot}6 + 980$
=2,15,600 டைன்கள்/ச.செ.மீ.
$= \frac{2{,}15{,}600}{980} = 220$ கிராம் எடை/ச.செ.மீ.

(iii) கலத்தின் அடித்தளப் பரப்பு $= 20 \times 10 = 200$ ச.செ.மீ.
∴ அடித்தளத்தில் அமுக்கம் = அழுத்தம் × பரப்பளவு
$= 220 \times 200$
=44,000 கிராம் எடை.

எனவே,

பாதரசத்தின் மேற்பரப்பில் அழுத்தம்
= 15,680 டைன்கள்/ச.செ.மீ.
= 16 கிராம் எடை/ச.செ.மீ.

கலத்தின் அடித்தளத்தின் அழுத்தம்
= 2,15,600 டைன்கள்/ச.செ.மீ.
= 220 கிராம் எடை/ச.செ.மீ.

கலத்தின் அடித்தளத்தில் அமுக்கம்
= 44,000 கிராம் எடை.

2. ஒரு U வடிவக் குழாயினடியில் பாதரசம் (அடர்த்தி 13·6 கி./க.செ.மீ.) உள்ளது. 1·08 ஒப்படர்த்தி கொண்ட ஒரு திரவத்தை எந்த உயரத்திற்கு ஊற்றினுல் பாதரச மட்டங்களின் உயர வேறுபாடு 1 செ.மீ. இருக்கும்?

விடை : பாதரசத்தின் அடர்த்தி = 13·6 கிராம்/க.செ.மீ.
திரவத்தின் அடர்த்தி = 1·08 கிராம்/க.செ.மீ.

பாதரச-திரவப்பொதுப்பரப்பிற்கு
மேல் பாதரசத் தம்பந்தின் உயரம் = 1 செ.மீ.
திரவத்தம்பத்தின் உயரம் = $h$ எனக் கொள்வோம்.

இரு தம்பங்களும் ஒன்றையொன்று சரியீடு செய்வதால்
திரவத் தம்பத்தின் அழுத்தம் = பாசரசத் தம்பத்தின் அழுத்தம்

$$h \times 1 \cdot 08 \times g = 1 \times 13 \cdot 6 \times g$$

$$\therefore \quad h = \frac{13 \cdot 6}{1 \cdot 08}$$

$$= 12 \cdot 6 \text{ செ.மீ.}$$

எனவே, திரவம் 12·6 செ.மீ. உயரத்திற்கு ஊற்ற வேண்டும்.

## விஞக்கள்

1. அழுத்தம், அமுக்கம் என்றுல் என்ன? அவற்றின் அலகுகள் யாவை? ஒரு திரவத்தினுள் ஒரு புள்ளியில் அழுத்தத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

2. ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும் இரு திரவங்களின் அடர்த்தியை ஒப்புநோக்குதற்கான முறையை விவரிக்க.

3. ஒரு நீர்த்தொட்டியின் பக்கச் சுவரிலுள்ள சதுர வடிவத் திறப்பு 4 அடி பக்கங் கொண்ட ஒரு சதுரத்தகட்டினுல்

மூடப்பட்டுள்ளது. தகட்டின் மேல்விளிம்பு நீர்ப்பரப்பிலிருந்து 8 அடி ஆழத்தில் இருந்தால் அதன் உட்புறத்தில் செயற்படும் அமுக்கத்தைக் கணக்கிடுக. [10,000 பவுண்டு எடை]

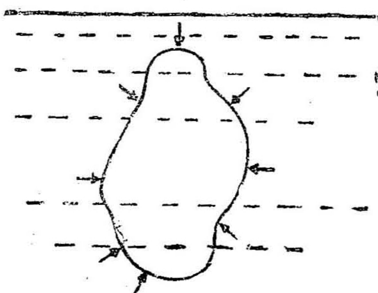
4. ஒரு தொட்டியில் 15 செ.மீ. உயரத்திற்கு நீரும், அதன் மீது 10 செ.மீ. உயரத்திற்கு மண்ணெண்ணெயும் உள்ளது. நீர்ப்பரப்பின் மீதும், தொட்டியின் அடித்தளத்திலும் அழுத்தத்தைக் காண்க (எண்ணெயின் ஒப்படர்த்தி 0·8).
[8 கிராம் எடை/ச.செ.மீ., 23 கிராம் எடை/ச.செ.மீ.]

5. ஹேர் கருவியல் 10 செ.மீ. நீர்த்தம்பம் 9 செ.மீ. திரவத்தம்பத்தைச் சரியீடு செய்கிறது. திரவத்தின் ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடுக. [1·1]

6. ஹேர் கருவியல் 8 செ.மீ. நீர்த்தம்பத்தைச் சரியீடு செய்யக்கூடிய ·8 ஒப்படர்த்தியுள்ள திரவத்தம்பத்தின் உயரத்தைக் கணக்கிடுக. [10 செ.மீ.]

## அமைதி நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தினுள் அமிழ்ந்திருக்கும் ஒரு பொருளின்மீது செயற்படும் தொகுபயன் அமுக்கம்

அமைதி நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தினுள் அமிழ்ந்திருக்கும் ஒரு பொருளை எடுத்துக் கொள்வோம். அப் பொருளின் மேற்பரப்பினைச் சிறு சிறு பரப்பளவுகளாகப் பிரிப்பதாகக் கொள்வோம். ஒவ்வொரு சிறிய பரப்பிலும் அதற்கு நேர்குத்துத் திசையில் ஓர் அமுக்கம் செயற்படுகிறது. எல்லாச் சிறு பரப்பளவுகளின் மீது செயற்படும் அமுக்கங்களின் தொகுபயன், தொகுபயன் அமுக்கம் என அழைக்கப்படுகிறது. தொகுபயன் அமுக்கம் பொருளின் பண்பைச் சிறிதும் பொறுத்ததன்று; பொருள் அமிழ்ந்திருக்கும் திரவத்தின் பண்பை மட்டுமே பொறுத்தது.



படம் 4.12

இப்போது, பொருளைத் திரவத்தினின்று வெளியே எடுத்துவிட்டு அது நிரப்பிக் கொண்டிருந்த பகுதியை அதே திரவத்தைக் கொண்டு நிரப்புவதாகக் கொள்வோம். இந்தத் திரவப் பகுதிமீது செயற்படும் தொகுபயன் அமுக்கமும், பொருளின்

மீது செயற்பட்ட அமுக்கமும் ஒரேயளவாயிருக்கும். மேலும் இந்தத் திரவப்பகுதி, அதன் எடை, அதன்மீது செயற்படும் அமுக்கம் ஆகியவற்றின் கூட்டுச்செயலால் சமநிலையில் இருப்பதால், தொகுபயன் அமுக்கம் அந்தத் திரவப்பகுதியின் எடைக்குச் சமமாக அமைவதோடு மேல்நோக்கியும் செயற்படுகிறது. எனவே, ஒரு திரவத்தினுள் அமிழ்த்தப்படும் பொருளின்மீது செயற்படும் தொகுபயன் அமுக்கம் அப் பொருளால் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் எடைக்குச் சமமாக அமைந்து மேல்நோக்கிச் செயற்படுகிறது. எனவே, அதனை மேல் நோக்கு தொகுபயன் அமுக்கம் (resultant upthrust) என்று அழைக்கிறோம். இதனை மேல்நோக்கு அமுக்கம் என்றும் கூறலாம். திரவத்தினுள் அரைகுறையாக அமிழ்ந்திருக்கும் பொருள்களுக்கும் இது பொருந்தும்.

மேலே கூறப்பட்ட உண்மையே ஆர்க்கிமிடீஸ் (Archimedes) தத்துவம் எனப்படுகிறது.

**ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவம்**

அமைதி நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தினுள் ஒரு பொருள் முற்றுமோ அல்லது பகுதியோ மூழ்கியிருக்கும் அதன்மீது செயற்படும் மேல்நோக்கு அமுக்கம் அதனால் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் எடைக்குச் சமமாகும்.

இந்த மேல்நோக்கு அமுக்கம் பொருளின் எடையைவிடக் குறைவாக இருந்தால் பொருள் திரவத்தில் அமிழும்; அதிகமாக இருந்தால் பொருள் மிதக்கும்; சமமாக இருந்தால் பொருள் திரவத்தினுள் எப் புள்ளியிலும் சமநிலையில் நிற்கும்.

திரவத்தினுள் ஒரு பொருள் மூழ்கியிருக்கும்போது அதன் மீது,

(i) கீழ்நோக்கி அதன் எடையும்

(ii) மேல்நோக்கி தொகுபயன் அமுக்கமும்

செயற்படுகின்றன. எனவே, அதன் எடையில் ஒரு போலிக் குறைவு தோன்றும். அந்தப் போலிக்குறைவு அதனால் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் எடைக்குச் சமமாக இருக்கும். எனவே, ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தைப் பின்வருமாறும் கூறலாம்.

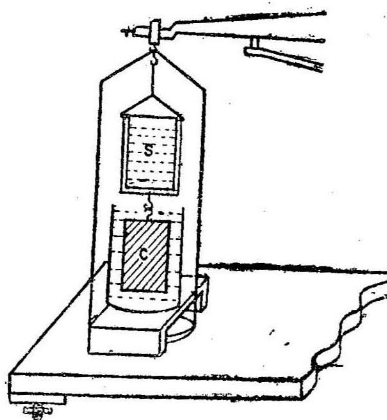
**அமைதி நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தினுள் ஒரு பொருள் மூழ்கியிருக்கும்போது அது இழப்பதாகத் தோன்றும் எடை அதனால் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் எடைக்குச் சமமாகும்.**

பொருள் முழுவதும் திரவத்தினுள் மூழ்கியிருந்தால் அந்த எடைக்குறைவு பொருளின் பருமனையுள்ள திரவத்தின் எடைக்குச் சமமாகும்.

### ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தைச் சரிபார்த்தல்

ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தை, 'உறையும் உருளையும்' என்னும் கருவியைக்கொண்டு சரிபார்க்கலாம். இதில் உலோகத்தாலான கெட்டியான ஒரு நீள உருளையும், அடிப்பாகம் மூடப்பட்ட ஓர் உள்ளீடற்ற உருளையும் உள்ளன. உள்ளீடற்ற உருளையின் கொள்ளளவும், கெட்டியான உருளையின் பருமனும் சமமாக இருக்கும். உறையையும் உருளையையும் ஒன்றின்கீழ் ஒன்றாகத் தொங்க விடுவதற்கேற்ப அவைகளில் கொக்கிகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

சோதனையைச் செய்ய, உறையையும் உருளையையும் ஒன்றின்கீழ் ஒன்றாக ஒரு பௌதிகத் தராசின் இடக் கொக்கியில் தொங்க விடவும் [படம் 4.13]. வலத் தட்டில் தக்க எடைகளை




படம் 4.13

வைத்து, சரியீடு செய்யவும். பின்னர், நீரியல் இருக்கை (hydrostatic bench) என்னும் ஒரு சிறிய மர இருக்கையை இடத் தட்டின்மேல் குறுக்காகத் தட்டைத் தொடாமல் வைக்கவும். நீர் நிறைந்த ஒரு முகவையை உருளை நீரில் முழுவதும் மூழ்கியிருக்குமாறு அந்த இருக்கையின் மீது வைக்கவும். முகவை, தராசின் தட்டைத் தொடாமலும், உருளை முகவையின் அடிப்பாகத்தையோ அதன் பக்கத்தையோ தொடாமலும் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். மேலும்

உருளையின்மீது காற்றுக்குமிழிகள் ஒட்டிக்கொண்டிராமலும் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். இப்போது, வலத் தட்டுக் கீழே செல்வதைக் காணலாம். இதனால் உருளை நீரினுள் அமிழ்ந் திருக்கும்போது எடையை இழக்கிறது என்று தெரிகிறது.

இனி உறையை நீரினால் கவனமாக முழுவதும் நிரப்பவும். இப்போது வலத் தட்டு மேலே சென்று தராசு சரியீட்டு நிலைக்குத் திரும்புவதைக் காணலாம். இதனால் உருளை இழந்த தாகத் தோன்றும் எடை அதே பருமனுள்ள நீரின் எடைக்குச் சமமாயிருக்கிறது என்பது தெளிவாகிறது. இவ்வாறே நீருக்குப் பதிலாக வேறு திரவத்தையும் பயன் படுத்தி ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தைச் சரிபார்க்கலாம்.

**ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவமும் ஒப்படர்த்தியும்**

$$\text{ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{அதேபருமனுள்ள நீரின் எடை}}$$

ஆனால், ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவப்படி பொருள் நீரில் முழுவதும் அமிழ்ந்திருக்கும்போது அது இழப்பதாகத் தோன்றும் எடை அதே பருமனுள்ள நீரின் எடைக்குச் சமமாகும்.

அதாவது,

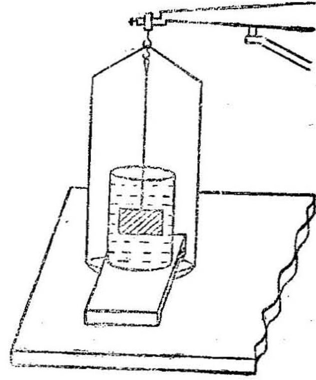
பொருளின் பருமஅளவுள்ள நீரின் எடை = நீரில் பொரு ளின் எடைக் குறைவு.

$$\left.\begin{array}{c}\text{பொருளின்}\\ \text{ஒப்படர்த்தி}\end{array}\right\} = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{நீரில் பொருளின் எடைக்குறைவு}},$$

இனி, ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தைக் கொண்டு பொருள்க ளின் ஒப்படர்த்தியை எவ்வாறு காண்பது என்று பார்ப்போம்.

(*a*) **திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி :** இங்குத் திரவத்தை நீரில் அமிழ்த்தி அதன் எடையைக் காண முடியாதாகையால், திரவத்திலும் நீரிலும் அமிழக்கூடிய, அவற்றில் கரையாத ஒரு திடப்பொருளை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். முதலில் திடப் பொருளை ஒரு மெல்லிய நூலிழையால் பௌதிகத் தராசின் இடக் கொக்கியிலிருந்து தொங்கவிட்டு அதன் எடையைக் காணவும். பின்னர், இடத் தட்டின் குறுக்காக ஒரு நீரியல் இருக்கையை, தட்டினைத் தொடாமல் வைக்கவும். அதன்மீது நீர் உள்ள முகவையைத் திடப்பொருள் நீரில் முழுவதும் அமிழ்ந்திருக்குமாறும், முகவையின் அடிப்பகுதியையோ பக்கங்

களையோ தொடாமல் இருக்கும்படியும் வைக்கவும். திடப் பொருளின் மீது காற்றுக்குமிழிகள் எதுவும் ஒட்டிக் கொண்டிராமலும் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும் [படம் 4.14]. நீரில் திடப்பொருளின் எடையைக் காணவும். பின்னர் முகவையை எடுத்துவிட்டு, சோதனைக்கான திரவம் கொண்ட முகவையை இருக்கையின் மீது வைக்கவும். திடப்பொருளை நன்றுகத் துடைத்தபின் திரவத்தில் அமிழ்ந்திருக்குமாறு செய்து திரவத்தில் அதன் எடையைக் காணவும். பொருளின் காற்றில் எடை, நீரில் எடை, திரவத்தில் எடை ஆகியவை முறையே $w_1$, $w_2$, $w_3$ என்றால்,



படம் 4.14

$$\text{நீரில் பொருளின் எடைக்குறைவு} = w_1 - w_2$$

$$\text{திரவத்தில் பொருளின் எடைக்குறைவு} = w_1 - w_3$$

திடப்பொருளின் பருமனை $V$ க.செ.மீ. எனக் காள்வோமானால் ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவப்படி

$$w_1 - w_2 = V \text{ க.செ.மீ. பருமனுள்ள நீரின் எடை}$$

$$w_1 - w_3 = V \text{ க.செ.மீ. பருமனுள்ள திரவத்தின் எடை}$$

$$\therefore \left.\begin{array}{l}\text{திரவத்தின்}\\ \text{ஒப்படர்த்தி}\end{array}\right\} (s) = \frac{\text{திரவத்தின் எடை}}{\text{அதே பருமனுள்ள நீரின் எடை}}$$

$$s = \frac{\text{திரவத்தில் பொருளின் எடைக்குறைவு}}{\text{நீரில் பொருளின் எடைக் குறைவு}}$$

$$s = \frac{w_1 - w_3}{w_1 - w_2}$$

### (b) திடப்பொருளின் ஒப்படர்த்தி

(i) **நீரில் அமிழக்கூடியதும் கரையாததுமான பொருள் :** முதலில் பொருளை பௌதிகத் தராசின் இடக் கொக்கியிலிருந்து தொங்கவிட்டு, காற்றில் அதன் எடையையும் ($w_1$) பின் நீரியல் இருக்கையின் உதவியால் நீரில் அதன் எடையையும் ($w_2$) காணவும். இவ்விரண்டு எடைகளைக் கொண்டு பொருளின் ஒப்படர்த்தியைப் பின்வருமாறு காணலாம்.

காற்றில் பொருளின் எடை $= w_1$
நீரில் பொருளின் எடை $= w_2$
நீரில் பொருளின் எடைக்குறைவு $= w_1 - w_2$

$$\text{பொருளின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{காற்றில் பொருளின் எடை}}{\text{நீரில் அதன் எடைக்குறைவு}}$$

$$= \frac{w_1}{w_1 - w_2}$$

(ii) **நீரில் அமிழக்கூடியதும் கரையக்கூடியதுமான பொருள் :** இங்கு, பொருள் நீரில் கரையுமாதலால், நீருக்குப் பதில் அப்பொருள் கரையாத, தெரிந்த ஒப்படர்த்தியைக் கொண்ட ஒரு திரவத்தைக் கொண்டு முன் சொன்னவாறே சோதனையைச் செய்ய வேண்டும்.

காற்றில் பொருளின் எடை $= w_1$
திரவத்தில் பொருளின் எடை $= w_2$
திரவத்தில் பொருளின் எடைக்குறைவு $= w_1 - w_2$

$$\text{பொருளின் ஒப்படர்த்தி}(s) = \frac{\text{காற்றில் பொருளின் எடை}}{\text{நீரில் பொருளின் எடைக்குறைவு}}$$

இதனையே

$$s = \frac{\text{காற்றில் பொருளின் எடை}}{\text{திரவத்தில்பொருளின்எடைக்குறைவு}} \times \frac{\text{திரவத்தில் பொருளின் எடைக்குறைவு}}{\text{நீரில் பொருளின் எடைக் குறைவு}}$$

என்று எழுதலாம்.

$$\text{எனவே, } s = \frac{\text{காற்றில் பொருளின் எடை}}{\text{திரவத்தில் பொருளின் எடைக்குறைவு}} \times \text{திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி}$$

$$= \frac{w_1}{w_1 - w_2} \times \text{திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி.}$$

(iii) **நீரில் மிதக்கக்கூடியதும் கரையாததுமான திடப் பொருள்** [எடுத்துக்காட்டுகள் : தக்கை, மரத்துண்டு] :

இப்பொருள்களை நீரில் முழுவதும் அமிழ்த்தி வைப்பதற்கு நீரில் அமிழக்கூடிய ஒரு திடப்பொருளை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். அதனை **அமிழ்த்தி** (sinker) என்று அழைக்கிறோம்.

முதலில் அமிழ்த்தியினை ஒரு நூலின் துணையினால் நீரில் தொங்கவிட்டு அதன் எடையைக்காணவும். பின்னர்த் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும் நூலின் தக்கையை இணைத்து நீரில் அமிழ்த்தியின் எடையோடு காற்றில் தக்கையின் எடையும் சேர்ந்த

மொத்த எடையைக் காணவும். அடுத்து, தக்கையைஅமிழ்த்தியோடு சேர்த்துக் கட்டி, இரண்டும் நீரில் முழுவதும் அமிழ்ந்திருக்குமாறு செய்து நீரில் அவற்றின் எடையைக் காணவும். எடைகளைப் பின்வருமாறு குறித்து ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடவும் :

நீரில் அமிழ்த்தியின் எடை $= w_1$

நீரில் அமிழ்த்தியின் எடை + காற்றில் தக்கையின் எடை $= w_2$

நீரில் அமிழ்த்தி, தக்கை ஆகியவற்றின் எடை $= w_3$

காற்றில் தக்கையின் எடை $= w_2 - w_1$

நீரில் தக்கையின் எடை $= w_3 - w_1$

நீரில் தக்கையின் எடைக்குறைவு $= (w_2 - w_1) - (w_3 - w_1)$

$= w_2 - w_3$

தக்கையின் ஒப்படர்த்தி $= \dfrac{w_2 - w_1}{w_2 - w_3}$

**குறிப்பு :** ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி ஒப்படர்த்தியைக் காணும் எல்லாச் சோதனைகளிலும் திரவத்தினுள் அமிழ்ந்திருக்கும் பொருள்களின்மீது காற்றுக் குமிழிகள் ஒட்டிக்கொண்டிராமல் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். ஏனெனில், மிதக்கும் இயல்புடைய காற்றுக் குமிழிகள் மேலும் அதிகமான மேல்நோக்கு அமுக்கத்தை அளிப்பதால் அதிகமான எடைக்குறைவை காண்பிக்கும்.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 33·9 கிராம் எடையுள்ள ஒரு ஈயக்கட்டி ஒரு முகவையிலுள்ள நீரில் மூழ்கியிருக்குமாறு தொங்கவிடப்பட்டிருக்கிறது. அவற்றின் பின்வரும் அமைப்புகளுக்குத் தராசினைச் சரியீடு செய்வதற்குத் தேவையான எடையைக் காண்க.

(*a*) முகவைத் தராசின் இடத் தட்டில் வைக்கப்பட்டுச் சரியீடு செய்யப்பட்டபின் ஈயக்கட்டி, (i) இடக் கொக்கியிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. (ii) தராசுடன் தொடர்பற்ற ஒரு தாங்கியிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

(*b*) முகவை நீரியல் இருக்கைமீது வைக்கப்பட்டு, ஈயக்கட்டி இடக்கொக்கியில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. (ஈயத்தின் அடர்த்தி 11·3 கி./க.செ.மீ.)

**விடை :** ஈயத்துண்டின் நிறை = 33·9 கிராம்

ஈயத்தின் அடர்த்தி = 11·3 கிராம்/க.செ.மீ.

ஈயக்கட்டியின் பருமன் $= \frac{33 \cdot 9}{11 \cdot 3} = 3$ க.செ.மீ.

இடம் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் எடை = 3 கிராம்.

∴ ஈயக்கட்டியின் மீது செயற்படும்
மேல்நோக்கு அமுக்கம் = 3 கிராம்

(*a*) (i) இடக்கொக்கியில் செயற்படும் விசைகளாவன :

1. ஈயக்கட்டி தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும்
நூலின் இழுவிசை
= ஈயக்கட்டியின் போலி எடை = 33·9—3
= 30·9 கிராம்

2. மேல்நோக்கு அமுக்கத்தின் எதிர்
விசை (தட்டில் செயற்படுவது) = 3 கிராம்

எனவே, சரியீடு செய்வதற்குத் தேவையான
எடை = 33·9 கிராம்

(*a*) (ii) இங்குப் பொருள் தனியாகத் தொங்கவிடப்பட்டிருப்பதால் இடத் தட்டில் மேல்நோக்கு அமுக்கத்தின் எதிர் விசை (3 கிராம்) மட்டுமே செயற்படுகிறது.

எனவே, சரியீடு செய்யத் தேவையான எடை = 3 கிராம்

(*b*) இங்கு முகவை நீரியல் இருக்கைமீது வைக்கப்பட்டிருப்பதால் மேல்நோக்கு அமுக்கத்தின் எதிர்விசை இருக்கை மீது செயற்படும்.

எனவே, இடக்கொக்கியில் செயற்படும் விசை
= நூலின் இழுவிசை = ஈயக்கட்டியின் போலி எடை
= 30·9 கிராம்

∴ சரியீடு செய்யத் தேவையான எடை = 30·9 கிராம்

2. மரத்துண்டு ஒன்றின் ஒப்படர்த்தியைக் காணும் சோதனையில் பின்வரும் காட்சிப் பதிவுகள் செய்யப்பட்டன

நீரில் ஓர் இரும்புத் துண்டின் எடை = 9·9 கிராம்
காற்றில் மரத்துண்டின் எடை = 2·2 கிராம்
நீரில் இரு துண்டுகளின் எடை = 6·6 கிராம்

மரத்துண்டின் ஒப்படர்த்தியைக் காண்க.

**விடை :** காற்றில் மரத்துண்டின் எடை = 2·2 கிராம்
நீரில் எடை = 6·6 — 9·9 = —3·3 கிராம்

∴ நீரில் மரத்துண்டின் எடைக்குறைவு = 2·2 — (—3·3)
= 5·5 கிராம்

$\therefore$ மரத்துண்டின் ஒப்படர்த்தி $= \frac{\text{காற்றில் எடை}}{\text{நீரில் எடைக்குறைவு}}$

$= \frac{2 \cdot 2}{5 \cdot 5} = \cdot 4$

மரத்துண்டின் ஒப்படர்த்தி $= \cdot 4$

3. 2·15 கிராம் எடையுள்ள ஒரு துருசுக் (copper sulphate) கட்டிக்கு மெழுகுப்பூச்சு கொடுத்தபின் அதன் எடை காற்றிலும் நீரிலும் முறையே 3·03 கிராம், 1·15 கிராம். மெழுகின் ஒப்படர்த்தி 0·88 என்றால் துருசுக்கட்டியின் ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** காற்றில் துருசுக்கட்டியின் எடை $= 2 \cdot 15$ கிராம்.

காற்றில் மெழுகுடன் துருசுக்கட்டியின் எடை $= 3.03$ கிராம்.

நீரில் மெழுகுடன் துருசுக்கட்டியின் எடை $= 1 \cdot 15$ கிராம்.

$\therefore$ நீரில் இரண்டின் எடைக்குறைவு $= 1 \cdot 88$ கிராம்.

காற்றில் மெழுகின் எடை $= 3 \cdot 03 - 2 \cdot 15 = \cdot 88$ கிராம்.

நீரில் மெழுகின் எடைக்குறைவு $= \frac{\text{காற்றில் எடை}}{\text{ஒப்படர்த்தி}}$

$= \frac{\cdot 88}{\cdot 88} = 1$ கிராம்.

$\therefore$ நீரில் துருசுக்கட்டியின் எடைக்குறைவு

$= 1 \cdot 88 - 1 = \cdot 88$ கிராம்.

$\therefore$ துருசுக்கட்டியின் ஒப்படர்த்தி $= \frac{\text{காற்றில் எடை}}{\text{நீரில் எடைக் குறைவு}}$

$= \frac{2 \cdot 15}{\cdot 88} = 2 \cdot 44$

எனவே, துருசுக்கட்டியின் ஒப்படர்த்தி $= 2 \cdot 44$

## வினாக்கள்

1. ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தைக் கூறு. அதைச் சரிபார்ப்பதற்கான ஒரு சோதனையை விவரி.

2. திரவத்தின் ஒப்படர்த்தியையும் நீரில் கரையும் பொருளின் ஒப்படர்த்தியையும் ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் எவ்வாறு காண்பது?

3. 100 கிராம் எடையும், 12 க.செ.மீ. பருமனும் கொண்ட ஒரு திடப்பொருள் ஒரு முகவையிலுள்ள மண்ணெண்

ணெயில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. அவற்றின் கீழ்வரும் அமைப்புக்களுக்குத் தராசினைச் சரியீடு செய்வதற்கான எடைகளைக் கணக்கிடுக. (மண்ணெண்ணெயின் அடர்த்தி 0·8 கி./க.செ.மீ.)

(*a*) முகவை, தராசின் இடத்தட்டில் வைக்கப்பட்டுச் சரியீடு செய்யப்பட்டபின் பொருள் (i) இடக்கொக்கியிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது; (ii) தராசுடன் தொடர்பற்ற ஒரு தாங்கியிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

(*b*) முகவை நீரியல் இருக்கை மீது வைக்கப்பட்டுப் பொருள் இடக்கொக்கியில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

[100 கிராம், 9·6 கிராம், 90·4 கிராம்]

4. கீழ்க்காணும் அளவீடுகளிலிருந்து குவார்ட்ஸின் ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடுக.

| | | |
|---|---|---|
| காற்றில் குவார்ட்ஸின் எடை | = | 32·3 கிராம். |
| பெட்ரோலில் குவார்ட்ஸின் எடை | = | 23·23 கிராம். |
| பெட்ரோலின் ஒப்படர்த்தி | = | 0·73. |

[2·58]

5. மக்னலியம் என்பது அலுமினியம், மக்னீசியம் ஆகியவை அடங்கிய ஓர் உலோகக் கலவை. மக்னலியம், அலுமினியம், மக்னீசியம் ஆகியவற்றின் ஒப்படர்த்திகள் முறையே 2, 2·7, 1·7 எனின், மக்னலியத்தில் அலுமினியம், மக்னீசியம் ஆகியவை எடையில் எத்தனை சதவீதம் உள்ளன என்பதைக் கணக்கிடுக.

[அலுமினியம் 40·4 சதவீதம்; மக்னீசியம் 59·6 சதவீதம்]

6. 125 கன செ.மீ. பருமனும், 0·88 ஒப்படர்த்தியும் கொண்ட ஒரு மெழுகுக்கட்டி 1.03 ஒப்படர்த்தி கொண்ட ஒரு திரவத்தில் அமிழ்த்தப்படும்போது அதன் போலி எடை சுழியாவதற்கு அதனுடன் சேர்க்கப்பட வேண்டிய ஈயத்தின் எடையைக் காண்க. [20·64 கிராம்]

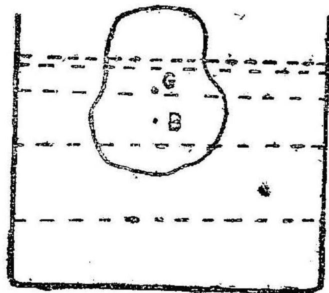
7. ஒரு கற்கண்டுக் கட்டியின் ஒப்படர்த்தியைக் காணும் சோதனையில் பின்வரும் காட்சிப்பதிவுகள் செய்யப்பட்டன: கற்கண்டுக் கட்டியின் எடை காற்றில் 2·25 கிராம். அதன்மீது மெழுகுப்பூச்சுக் கொடுக்கப்பட்டபின் காற்றிலும் நீரிலும் அதன் எடை முறையே 3·13 கிராம், 1·23 கிராம். மெழுகின் ஒப்படர்த்தி 0·88 என்றால், கற்கண்டின் ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடுக.

[2·5]

**மிதத்தல்** (Floatation)

ஒரு திரவத்துள் சில பொருள்கள் அமிழ்வதையும், அதே திரவத்தில் வேறு சில பொருள்கள் மிதப்பதையும், அன்றாட வாழ்க்கையில் காண்கிறோம். மேலும், ஒரு திரவத்தில் அமிழும் ஒரு பொருள் மற்றொரு திரவத்தில் மிதப்பதையும் காணலாம். காட்டாக, நீரில் மூழ்கும் ஓர் இரும்புத்துண்டு பாதரசத்தில் மிதப்பதைக் காணலாம். ஒரு பொருள் ஒரு திரவத்தில் அமிழ்வதோ அல்லது மிதப்பதோ அதன்மீது செயற்படும் மேல் நோக்கு அமுக்கத்தைப் பொறுத்துள்ளது என்பதை முன்னரே பார்த்தோம். ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் ஒரு பொருள் மிதப்பதற்கான நிபந்தனைகளைப் பெறலாம். அந்த நிபந்தனைகளை மிதத்தல் விதிகள் என்று அழைக்கிறோம்.

அமைதி நிலையிலுள்ள ஒரு திரவத்தில் மிதக்கும் ஒரு பொருளை எடுத்துக் கொள்வோம் [படம் 4.15]. அதன்மீது செயற்படும் விசைகள் :



படம் 4.15

(i) அதன் புவியீர்ப்பு மையத்தின் $(G)$ வழியாகச் செங்குத்தாகக் கீழ்நோக்கிச் செயற்படும் அதன் எடை

(ii) செங்குத்தாக மேல் நோக்கிச் செயற்படும் மேல் நோக்கு அமுக்கம். மேல்நோக்கு அமுக்கம், மிதவைத்திறன் மையம் (centre of buoyancy) என்னும் (பொருளால் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் புவியீர்ப்பு மையம்) புள்ளி $(B)$ வழியாகச் செயற்படுகிறது.

பொருள் மேற்சொன்ன இரு விசைகளின் கூட்டுச்செயலால் சமநிலையில் இருப்பதால் அவை சமமாக இருப்பதோடு ஒரே நேர்கோட்டில் எதிர்த்திசைகளில் செயற்படவேண்டும். இந்த நிபந்தனைகளே மிதத்தல் விதிகளாகும்.

**மிதத்தல் விதிகள் :**

ஒரு பொருள் ஒரு திரவத்தில் மிதக்கும்போது,

(i) அதன் எடை அதனால் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் எடைக்குச் சமமாகும்;

(ii) மிதவைத்திறன் மையமும், பொருளின் புவியீர்ப்பு மையமும் ஒரே செங்குத்துக் கோட்டில் இருக்கும்.

இவற்றுள் முதலாவது விதியைப் பின்வரும் சோதனையால் மெய்ப்பிக்கலாம். கன சென்டிமீட்டர் அளவுக் கூறுகள் குறிக்கப்பெற்ற ஓர் உயரமான கண்ணாடிச்சாடியில் பாதியளவு நீர் நிரப்பி, நீர் மட்டத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவும். பின்னர், ஒரு சோதனைக் குழாயைச் சாடியிலுள்ள நீரில் மிதக்கவிட்டு அது செங்குத்தாய் மிதக்கும் அளவுக்கு அதில் ஈயக்குண்டு களைப் போடவும். இப்போது சாடியில் நீர்மட்டம் உயரும். நீர் மட்டத்தைத் திரும்பவும் குறித்துக் கொள்ளவும். நீர்மட்ட அளவீடுகளின் வேறுபாடு சோதனைக் குழாயால் இடம்பெயர்க் கப்பட்ட நீரின் பருமனைக் கொடுக்கும். நீரின் அடர்த்தி 1 கி./க.செ.மீ. ஆதலால், இடம் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் பருமனைக் கிராம் கணக்கில் குறித்தால் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் எடையைப் பெறலாம். சோதனைக் குழாயை வெளியில் எடுத்து அதன் வெளிப்புறத்தை நன்றாகத் துடைத்தபின் அதன் எடையை ஈயக்குண்டுகளுடன் கண்டுபிடிக்கவும். இந்த எடை இடம் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் எடைக்குச் சமமாக இருப்பதைக் காணலாம்.

சோதனைக் குழாயில் ஈயக்குண்டுகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றியும், நீருக்குப்பதில் வேறு திரவங்களைக் கொண்டும் சோதனையைத் திரும்பச் செய்து, ஒவ்வொரு தடவையும் ஈயக் குண்டுகளுடன் சோதனைக் குழாயின் எடையும் அதனால் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் எடையும், சமமாயிருப் பதைக் காணலாம். இது முதல் மிதத்தல்விதியை மெய்ப் பிக்கிறது.

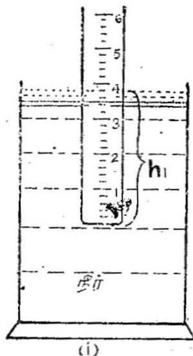
**மிதத்தல் விதிகளும் ஒப்படர்த்தியும்**

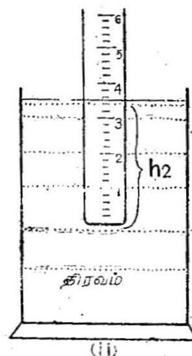
மிதத்தல் விதிகளின் அடிப்படையில் ஒரு திரவத்தின் ஒப் படர்த்தியைக் காண உதவும் கருவிக்குத் திரவமானி (hydrometer) என்றுபெயர். சோதனைச்சாலையில் ஒருசோதனைக்குழாய் மிதவையைத் (test tube float) திரவமனியாகப் பயன் படுத்தலாம்.

சோதனைக்குழாய் மிதவை என்பது தட்டையான அடிப் பாகமும் ஒரே குறுக்களவும் கொண்ட சுமார் 15 செ.மீ. நீள முள்ள ஒரு கண்ணாடிக் குழாயாகும். அளவுக்கூறுகள் குறிக்கப் பெற்ற நீளமான வரைபடத்தாள் (graph paper) துண்டு ஒன்று அதன் உட்புறத்தில் ஒட்டப்பட்டிருக்கும்.

சோதனைக் குழாய் மிதவையை இரு முறைகளில் பயன் படுத்தலாம். ஒன்று மாறு அமிழ்வு (variable immersion) முறை, மற்றது மாரு அமிழ்வு (constant immersion) முறை.

($a$) **மாறு அமிழ்வு முறை :** திரவத்தையும் நீரையும் இரு உயரமான கண்ணாடிச் சாடிகளில் எடுத்துக் கொள்ளவும். சோதனைக்குழாய் மிதவை இரண்டிலும் செங்குத்தாக மிதக்கும் அளவிற்கு அதனுள் ஈயக்குண்டுகளைப் போட்டுத் தயார் செய்து கொள்ளவும். அதன் வெளிப்புறத்தை நன்றாகத் துடைத்து நீரில் மிதக்கும்படி செய்து, அது நீரில் அமிழும் ஆழத்தைக் குறித்துக்கொள்ளவும். சாடியிலுள்ள நீர்மட்டத்




படம் 4.16

திற்கு நேராக வரைபடத்தாள் துண்டில் உள்ள அளவீடு அது நீரில் அமிழும் ஆழத்தைக் காட்டும் [படம் 4·16]. பின்னர் சோதனைக் குழாயை வெளியேஎடுத்து அதன் வெளிப்புறத்தை நன்றாகத் துடைத்து அதிலுள்ள ஈயக்குண்டுகளின் அளவை மாற்றாமல் திரவத்தில் மிதக்க விடவும். திரவத்தில் அது அமிழும் ஆழத்தையும் குறித்துக் கொள்ளவும். நீரிலும் திரவத்திலும் அது அமிழும் ஆழங்கள் முறையே $h_1$, $h_2$ எனக் கொள்வோம்.

இனி, சோதனைக் குழாயின் குறுக்குப் பரப்பளவு '$a$' எனவும், நீர், திரவம் ஆகியவற்றின் அடர்த்திகள் முறையே $d_1$, $d_2$ எனவும் கொள்வோம். ஈயக்குண்டுகளுடன் சோதனைக் குழாயின் எடை நீரிலும் திரவத்திலும் ஒரே அளவாய் இருப்பதால்,

இடம் பெயர்க்கப்பட்ட

திரவத்தின் எடை = இடம் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் எடை
= ஈயக்குண்டுகளுடன் மிதவையின் எடை

இடம் பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் எடை $= h_2\, a\, d_2\, g$

இடம் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் எடை $= h_1\, a\, d_1\, g$

$$\therefore \quad h_2\, a\, d_2\, g = h_1\, a\, d_1\, g$$

அல்லது $h_2 d_2 = h_1 d_1$

$$\text{திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி } (s) = \frac{\text{திரவத்தின் அடர்த்தி}}{\text{நீரின் அடர்த்தி}}$$

$$s = \frac{d_2}{d_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$= \frac{\text{மிதவை நீரில் அமிழும் ஆழம்}}{\text{மிதவை திரவத்தில் அமிழும் ஆழம்}}$$

ஈயக் குண்டுகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பச்செய்து, சராசரி ஒப்படர்த்தியைக் காணலாம். அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம் :

| சோதனை எண் | மிதவை அமிழும் ஆழம் | | ஒப்படர்த்தி $(h_1/h_2)$ |
|---|---|---|---|
| | நீரில் $(h_1)$ | திரவத்தில் $(h_2)$ | |
| | | | |
| | | திரவத்தின் சராசரி ஒப்படர்த்தி | |

(*b*) **மாரு அமிழ்வு முறை :** சோதனைக்குழாய் மிதவையை முதலில் நீரில் செங்குத்தாக மிதக்கவிட்டு அது அமிழும் ஆழத்தைக் $(h)$ குறித்துக் கொள்ளவும். அதை வெளியே எடுத்து, அதன் வெளிப்புறத்தை நன்ருகத் துடைத்தபின் ஈயக் குண்டுகளுடன் அதன் எடையைக் காணவும் $(w_1)$. பின்னர், அதைத் திரவத்தில் மிதக்க விடவும். திரவத்தில் அது அமிழும் ஆழம் மாறுபட்டிருக்கும். திரவத்திலும் நீரில் அமிழ்ந்த அளவே அமிழும்வரை ஈயக் குண்டுகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றவும். மிதவையை வெளியே எடுத்து நன்ருகத் துடைத்தபின் அதன் எடையைக் காணவும் $(w_2)$.

ஒப்படர்த்தியைக் கீழ்க்காணுமாறு கணக்கிடலாம்:

சோதனைக் குழாயின் குறுக்குப் பரப்பளவு '$a$' எனவும், நீரின் அடர்த்தி $d_1$ எனவும், திரவத்தின் அடர்த்தி $d_2$ எனவும் கொள்வோம்.

நீரில் மிதவையின் எடை = இடம் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் எடை

அதாவது, $w_1 = h\,a\,d_1\,g$

திரவத்தில் மிதவையின் எடை = இடம் பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் எடை

அதாவது, $w_2 = h\,a\,d_2\,g$

$$\frac{w_2}{w_1} = \frac{h\,a\,d_2\,g}{h\,a\,d_1\,g} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\text{ஒப்படர்த்தி } (s) = \frac{d_2}{d_1} = \frac{w_2}{w_1}$$

$$= \frac{\text{திரவத்தில் மிதவையின் எடை}}{\text{நீரில் மிதவையின் எடை}}$$

மிதவை அமிழும் ஆழத்தை மாற்றி, சோதனையைத் திரும்பச் செய்து, ஒப்படர்த்தியின் சராசரி மதிப்பைக் காணலாம். அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம்:

| சோதனை எண் | மிதவை அமிழும் ஆழம் | மிதவையின் எடை | | ஒப்படர்த்தி $w_1/w_2$ |
|---|---|---|---|---|
| | | நீரில் ($w_1$) | திரவத்தில் ($w_2$) | |
| | | | | |
| திரவத்தின் சராசரி ஒப்படர்த்தி | | | | |

## பொதுத் திரவமானி (common hydrometer)

இது மாறு அமிழ்வு வகையைச் சேர்ந்ததாகும். இதன் உதவியால் திரவங்களின் ஒப்படர்த்திகளை நேரடியாகக்

தெரிந்துகொள்ளலாம். இதன் அமைப்பைப்படம் 4.17-ல்காண லாம். $BC$ என்பது சுமார் 1·5 செ.மீ. முதல் 2 செ.மீ. வரை குறுக்களவுள்ள கண்ணுடிக்குழாய். அதன் கீழ் முனையில் $D$ என்ற ஒரு கண்ணுடிக் குமிழும், மேல் முனையில் $AB$ என்ற சுமார் 5 மி.மீ. குறுக்களவும் சுமார் 10 செ.மீ. நீளமுமுள்ள கண்ணுடிக் குழாயும் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதனைத் திரவமானியின் தண்டு என்று அழைக்கிறோம். திரவமானி, திரவங் களில் செங்குத்தாக மிதக்கும் வகையில் கண்ணுடிக் குமிழ் ஈயக் குண்டுகளாலோ, பாதரசத்தாலோ நிரப் பப்பட்டிருக்கும். $AB$ என்ற பகுதியில் ஒப்படர்த்தி கள் குறிக்கப்பட்ட ஓர் அளவுகோல் உண்டு.



படம் 4.17

ஒப்படர்த்தி காண வேண்டிய திரவத்தில் திரவ மானியை மிதக்கவிட்டால் திரவ மட்டத்திற்கு நேராக அளவுகோலில் உள்ள அளவீடு திரவத்தின் ஒப்படர்த்தியைக் கொடுக்கும்.

இந்தத் திரவமானியின் எடை ஒரே அளவா யிருப்பதால் வெவ்வேறு அடர்த்தியுள்ள திரவங் களில் வெவ்வேறு அளவுக்கு அமிழும். அடர்த்தி மிக்க திரவத்தில் குறைந்த அளவும், அடர்த்தி குறைந்த திரவத்தில் அதிக அளவும் அமிழும். எனவே, ஒப்படர்த்தி அளவுகள் மேலிருந்து கீழ்நோக்கிக் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

பொதுவாக நீரைவிட அடர்த்தி குறைந்த திரவங்களுக்கும் நீரைவிட அடர்த்தி மிக்க திரவங்களுக்கும் தனித்தனி திரவ மானிகள் உண்டு.

திரவமானிகளைப் பாலின் தூய்மையைப் பரிசோதிப்பதற் கும் (பால்மானி—Lacto meter), மின்கலங்களிலுள்ள அமிலத்தின் அடர்த்தியைக் காணவும் (அமிலமானி—acid hydrometer) பயன் படுத்தலாம். பால்மானியின் அளவுகோலில் பாலிலுள்ள நீரின் வீதமும், அமிலமானியில் மின்கலங்களின் மின்னேற்ற நிலை களும் (charged conditions) குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 128 கிராம் எடையுள்ள ஒரு மரக்கட்டை கடல்நீரில் மிதக்கிறது. மரக்கட்டையின் அடர்த்தி 0.64கி./க.செ.மீ., கடல்

நீரின் அடர்த்தி 1·025 கி./க.செ.மீ. எனில், நீருக்கு மேல் உள்ள பகுதியின் பருமனைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** மிதத்தல் விதிப்படி

கட்டையின் எடை = இடம் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் எடை

= 128 கிராம்

∴ நீருக்குள் இருக்கும் பகுதியின் பருமன்

= இடம்பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் பருமன்

$$= \frac{128}{1\cdot025} = 124\cdot8 \text{ க.செ.மீ.}$$

$$\text{முழுக்கட்டையின் பருமன்} = \frac{128}{\cdot64} = 200 \text{ க.செ.மீ.}$$

∴ நீருக்கு மேலுள்ள பகுதியின் பருமன்

= 200—124·8

= 75·2 க.செ.மீ.

2. சோதனைக்குழாய் மிதவை ஒன்றைமண்ணெண்ணெயிலும், நீரிலும் செங்குத்தாக மிதக்க விட்டபோது எண்ணெயில் அதன் நீளத்தின் $\frac{5}{8}$ பகுதியும், நீரில் $\frac{1}{2}$ பகுதியும் அமிழ்கின்றன. எண்ணெயின் ஒப்படர்த்தியைக் காண்க.

**விடை :** மிதவையின் நீளம் $l$ எனக் கொள்வோம்.

எண்ணெயில் அது அமிழும் ஆழம் $= \frac{5}{8} l$

நீரில் அமிழும் ஆழம் $= \frac{1}{2} l.$

$$\therefore \text{எண்ணெயின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{நீரில் அமிழும் ஆழம்}}{\text{எண்ணெயில் அமிழும் ஆழம்}}$$

$$= \frac{1}{2} l \div \frac{5}{8} l$$

$$= 0\cdot8$$

எனவே, எண்ணெயின் ஒப்படர்த்தி = 0·8.

## வினாக்கள்

1. மிதத்தல் விதிகளைக் கூறுக. அவற்றுள் முதல் விதியை மெய்ப்பிப்பதற்கான ஒரு சோதனையை விவரிக்க.

2. சோதனைக்குழாய் மிதவையைக் கொண்டு ஒரு திரவத்தின் ஒப்படர்த்தியை எவ்வாறு காண்பது என்பதை விவரமாகக் கூறவும்.

3. சாதாரணத் திரவமானியை விளக்குக.

4. 2·2 கிராம் எடையும், 0·22 ஒப்படர்த்தியும் கொண்ட ஒரு தக்கை 0·8 ஒப்படர்த்தி கொண்ட ஆல்கஹாலில் மிதக்கிறது. ஆல்கஹாலின் மேலுள்ள பகுதியின் பருமனைக் காண்க. [7·25 க.செ.மீ.]

5. 0·22 ஒப்படர்த்தி கொண்ட ஒரு தக்கை நீரில் மிதக்கிறது. நீரினுள் அமிழ்ந்திருக்கும் பகுதியின் அளவு என்ன? [அதன் முழுப் பருமனில் ·22 பகுதி]

6. ஒரு வெள்ளிக்கட்டி பாதரசத்தில் மிதக்கிறது. பாதரசப் பரப்பின்மீது தெரியும் பகுதியின் அளவு என்ன? பாதரசத்தின் ஒப்படர்த்தி 13·63; வெள்ளியின் ஒப்படர்த்தி 10·5. [முழுக்கட்டியின் ·23 பகுதி]

7. 10 செ.மீ. வெளிவிட்டமும், 8 செ.மீ. உள்விட்டமும் கொண்ட உள்ளீடற்ற அரைக்கோளம் ஒன்று 0·8 ஒப்படர்த்தி கொண்ட ஆல்கஹாலில் சற்றே மிதக்கிறது. அரைக்கோளம் செய்யப்பட்டிருக்கும் பொருளின் ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடுக. [1·64]

வளி அழுத்தம் (Atmospheric pressure)

நம் நிலவுலகம் சுமார் 320 கிலோ மீட்டர் உயரமுள்ள ஒரு வாயு மண்டலத்தால் சூழப்பட்டிருக்கிறது. இந்த வாயு மண்டலம் வளி மண்டலம் (atmosphere) என அழைக்கப்படும். வளி மண்டல அடர்த்தி மிகமிகக் குறைவாய் (·0001293 கி./க.செ.மீ.) இருந்தாலும், அது மிக அதிக உயரத்திற்குப் பரவி இருப்பதால் புவிப்பரப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் $1{\cdot}013 \times 10^6$ டைன்/ச.செ.மீ. அழுத்தத்தைக் கொடுக்கிறது. இந்த அழுத்தத்தை வளி அழுத்தம் என்று அழைக்கிறோம்.

வளி அழுத்தத்தைக் காட்டும் பல சோதனைகளிருப்பினும் அவற்றுள் இரண்டைப்பற்றி இங்குக் கூறலாம்.

ஒழுங்கான விளிம்பையுடைய ஒரு கண்ணாடிக் குவளையை முழுவதும் நீரால் நிரப்பி ஓர் அட்டையால் மூடவும். அட்டையைக் கையால் அழுத்திக் கொண்டு, குவளையை அட்டையோடு தலைகீழாகக் கவிழ்த்த பின் கையை எடுத்துவிட்டால் அட்டை கீழே விழாமல் இருப்பதைக் காணலாம் [படம் 4.18]. அட்டையின்மேல் நீர் இருந்தாலும் அதன் கீழ்ப் பரப்பில் மேல்நோக்கிச் செயற்படும் வளி அழுத்தத்தால் அது கீழே விழுவதில்லை.

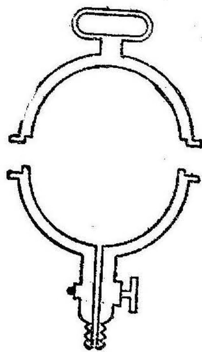
அடுத்தது மேக்டபெர்க் (Magdeberg) என்னுமிடத்தில் வான் குரிக் (Von Guericke) என்னும் விஞ்ஞானியால் செய்து

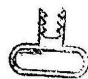


படம் 4.18

காட்டப்பட்ட கண்கவர் சோதனையாகும். இதில் மேக்டபெர்க் அரைக்கோளங்கள் என்னும் ஈர் உள்ளீடற்ற அரைக் கோளங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன. இரண்டையும் ஒன்றோடு ஒன்றைச் சேர்த்துக் கோளமாக்கும்போது காற்றுப் புகாத ஓர் உள்ளீடற்ற கோளம் கிடைக்கும்படி அவைகளின் விளிம்புகள் செய்யப்பட்டிருந்தன [படம் 4.19]. அவ்வாறு ஒரு கோள மாகச் செய்து அதனுள்ளிருக்கும் காற்றை அகற்றியபின் அவற்றைப் பிரிப்பதற்கு மிகப் பெரிய விசை தேவையாயிருந்தது. மேக்டபெர்க் சோதனையில் அவற்றைப் பிரிக்க ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் 8 குதிரைகள் தேவைப்பட்டன. இச் சோதனை வளி அழுத்தத்தின் ஆற்றலை மிகத் தெளிவாகக் காட்டுகிறது.

வளி அழுத்தத்தை அளவிடப் பயன்படுத்தப்படும் கருவிக்குப் பாரமானி (Barometer) என்று பெயர். முதல் பாரமானியை டாரிசெல்லி (Torricelli) என்னும் விஞ்ஞானி நிறுவினார். இந்தக் கருவியில் வளிமண்டலம் அதன் அழுத்தத்தால் ஒரு பாதரசத் தம்பத்தைத் தாங்குகிறது. பாதரசத் தம்பத்தின் உயரம் வளி அழுத்தத்தின் அளவைக் கொடுக்கிறது.



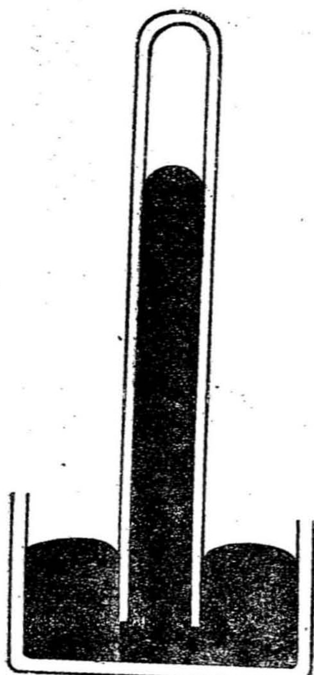


படம் 4.19

பாதரச பாரமானியை அமைத்தல்

சுமார் 100 செ.மீ. நீளமும், 5 மி.மீ. முதல் 10 மி.மீ. வரை குறுக்களவும், தடித்த சுவர்களையும் கொண்ட ஒரு முனை மூடப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாயை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். அதை நன்றாக உலர்த்தியபின் அதை முழுவதும் பாதரசத்தால் நிரப்ப வேண்டும். குழாயினுள் காற்றுக் குமிழிகள் எதுவும்

இருக்கக் கூடாது. திறந்த முனையை விரலால் நன்ருக மூடிய பின் குழாயைத் தலை கீழாக்கிக் கொள்ள வேண்டும். திறந்த முனையை ஒரு கிண்ணத்துள் வைக்கப்பட்ட பாதரசத்தினுள் நன்ருக அமிழ்த்தி வைத்துக்கொண்டு விரலை எடுத்துவிட வேண்டும். இப்போது குழாயினுள் பாதரச மட்டம் கீழிறங்கி ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்திற்கு நிற்பதைக் காணலாம். குழாயைச் செங்குத்தாகப் பொருத்திஞல் கிண்ணத்தில் பாதரச மட்டத்திலிருந்து பாதரசத் தம்பத்தின் உயரம் கடல் மட்டத்தில் சுமார் 76 செ.மீ. இருக்கும் [படம் 4.20]. குழாயினுள் பாதரச மட்டத்திற்குமேல் வெற்றிடம் உள்ளது. இந்த வெற்றிடத்தை டாரிசெல்லி வெற்றிடம் என்றும் அழைப்பதுண்டு.


படம் 4.20

பாரமானியில் குழாயிலுள்ள பாதரசத்தம்பத்தின் அழுத்தம் கிண்ணத்திலுள்ள பாதரசத்தின் மேற்பரப்பில் செயற்படும் வளி அழுத்தத்திஞல் சரியீடு செய்யப் படுவதால் வளி அழுத்தம் = பாதரசத் தம்பத்தின் அழுத்தம்.

இனி, பாதரசத் தம்பத்தின் உயரத்தை $H$ என்றும், பாதரசத்தின் அடர்த்தியை $d$ என்றும் கொள்வோமாஞல்,

வளி அழுத்தம் $= Hdg$ சார்பிலா அலகுகள்.

$H=76$ செ.மீ.; $d=13{\cdot}6$ கி./க.செ.மீ.; $g=980$செ.மீ./விஞடி$^2$ என்ருல், வளி அழுத்தம் $= 1{\cdot}013\times10^6$ டைன்கள்/ச.செ.மீ.

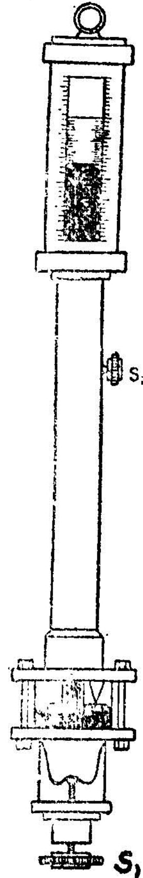
வழக்கில் வளி அழுத்தத்தைப் பாதரசத் தம்பத்தின் உயரத்தின் அளவிலேயே, அதாவது வளி அழுத்தம் $= H$ செ.மீ. பாதரசம் என்றே குறிக்கிரும்.

### ஃபார்ட்டின் பாரமானி (Fortin's Barometer)

இது டாரிசெல்லி பாரமானியின் திருத்தப்பட்ட அமைப்பேயாகும். இதில் பாதரசத் தம்பத்தின் உயரத்தை

மிகவும் நுட்பமாக அளவிட முடியுமாதலால் சோதனைச் சாலை களில் மிகவும் பயன்படுகிறது.

இந்தப் பாரமானியில் சுமார் 90 முதல் 100 செ.மீ. உயர மும், 5 மி.மீ. முதல் 10 மி.மீ. வரை குறுக்களவும் கொண்ட, ஒரு முனை மூடப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக்குழாய், அதன் திறந்த முனை கீழ்நோக்கியிருக்குமாறு செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது [படம் 4.21]. அதன் திறந்த முனை கண்ணாடிக் கிண்ணம் ஒன்றி லுள்ள பாதரசத்தில் அமிழ்ந்துள்ளது. கிண்ணத்தின் அடிப்பாகம் ஒரு வகைத் தோல் துண்டினால் மூடப்பட்டிருக்கிறது. தோல் துண்டு ஒரு பித்தளைக் குழாயினுள் வைக்கப்பட் டுள்ளது. இந்தக் குழாயின் அடிப் பகுதி வழியே செல்லும் ஒரு திருகால் $(S_1)$ கிண்ணத்தி லுள்ள பாதரச மட்டத்தை ஏற்றவோ, இறக்கவோ முடியும். கண்ணாடிக் குழாய் ஒரு பித்தளைக் குழாயினால் மூடப்பட்டிருக்கிறது. இக் குழாயின் மேல்பகுதியிலுள்ள நீண்ட சதுரத் துளை வழியாகக் கண்ணாடிக் குழாயி லுள்ள பாதரச மட்டத்தைக் காணலாம். துளை யின் இரு விளிம்புகளிலும் சுமார் 52 செ.மீ. முதல் 82 செ.மீ. வரையிலும், 20 முதல் 32 அங் குலம் வரையிலும் அளவுக் கூறுகள் குறிக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இந்த அளவுகோல்களின் சுழிமுனைகள் கிண்ணத்தில் பாதரச மட்டத்தின் மேலாகக் காணப்படும் ஒரு தந்தக் குறிமுள் ளின் கூர்முனைக்கு நேராக ஆரம்பமாகின்றன. துளையில் மேலும் கீழும் நகருமாறு ஒரு சிறு குழாய் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதனை ஒரு திருகால் $(S_2)$ நகர்த்த முடியும். இந்தக் குழா யில் வெர்னியர் கோல்கள் குறிக்கப்பட்டிருக் கின்றன.



படம் 4.21

ஃபார்ட்டின் பாரமானியைக் கொண்டு வளி அழுத்தத்தை அளவிடுமுன் அதில் கீழ்க் காணும் சீரமைவுகளைச் செய்ய வேண்டும்.

(i) வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவையினைக் காணவேண்டும்.

(ii) கிண்ணத்திலுள்ள பாதரசமட்டம் அளவுகோல்களின் சுழிமுனையை, அதாவது, தந்தக் குறிமுள்ளின் கூர்முனையைச்

சற்றே தொடும்படி சரிசெய்ய வேண்டும். இதற்கு, பாதரச மட்டத்திற்கு இணையாக கண்களை வைத்துக்கொண்டு குறிமுள்ளின் கூர்முனையும், பாதரசமட்டத்தில் தெரியும் அதன் பிம்பமும் ஒன்றையொன்று சற்றே தொடும்வரை $S_1$ என்ற திருகைத் திருகவேண்டும்.

(iii) குழாயில் தெரியும் பாதரச மட்டத்திற்குமேல் வெர்னியரை நன்ருக ஏற்றிய பின், வெர்னியர் குறிக்கப்பட்டிருக்கும் குழாயின் முன்விளிம்பும், பின்விளிம்பும் ஒரே கிடைகோட்டில் இருக்குமாறு கண்ணை வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர் வெர்னியரின் சுழிமுனை குழாயினுள் உள்ள பாதரச மட்டத்திற்குத் தொடுவரை நிலையில் (tangential) இருக்கும் வரை வெர்னியரை $S_2$ என்ற திருகால் நகர்த்தவேண்டும்.

(iv) மூலக்கோல், வெர்னியர்கோல் அளவீடுகளைக் காண வேண்டும். பின்னர்,

வளி அழுத்தம்=மூ.கோ.அ.+(வெ.கோ.அ.×மீ.அ.).

வளி அழுத்தத்தின் மதிப்பு அடிக்கடி மாறுபடுவதால் கடல் மட்டத்தில், $g$-ன் மதிப்பு 980·6 செ.மீ./வினுடி$^2$ உள்ள இடத்தில் 0°C வெப்பநிலையில் 76 செ.மீ. பாதரசத் தம்பம் கொடுக்கும் அழுத்தத்தைப் படித்தர வளி அழுத்தம் (Standard atmospheric pressure) அல்லது இயனளவு வளி அழுத்தம் (Normal atmospheric pressure) என்று எடுத்துக் கொள்ளுகிரேம்.

கீழ்க்காணும் பண்புகள் காரணமாகப் பாரமானிகளில் பாதரசம் பயன்படுகிறது:

1. அதன் அடர்த்தி அதிகமாக இருக்கிறது. எனவே, பாரமானியின் உயரம் குறைவாக இருக்கும். அடர்த்தி குறைந்த திரவங்களைப் பயன்படுத்தினுல் பாரமானியின் உயரம் அதிகமாகும். காட்டாக, நீரைப் பயன்படுத்தினுல் பாரமானியில் நீர்த்தம்பத்தின் உயரம் 10·34 மீட்டர் இருக்கும்.

2. பாதரசத்திற்கு ஆவி அழுத்தம் மிகக் குறைவு.

3. பாதரசம் கண்ணுடியில் ஒட்டுவதில்லை.

4. அது ஒளி புகாப் பொருளாக இருப்பதால் அதன் மட்டத்தை எளிதில் காணலாம்.

5. அது எளிதில் தூய்மையாகக் கிடைக்கிறது.

வளி அழுத்தம் என்பது காற்றின் அடர்த்தியையும் வளி மண்டல உயரத்தையும் பொறுத்திருப்பதால் இவையிரண்டும் மாறும்போது அதுவும் மாறுகிறது. காட்டாக, மலையுச்சியில் அதன் உயரம் குறைவாக இருப்பதால் வளி அழுத்தம் குறைகிறது. இதன் அடிப்படையில் கடல் மட்டத்திலிருந்து மலையுச்சியின் உயரத்தை அளவிடலாம். மேலும் காற்றின் அடர்த்தியானது, அதன் வெப்பநிலை, காற்றில் கலந்துள்ள நீராவியின் அளவு ஆகியவற்றின் மாறுபாட்டால் மாறுவதால் வளி அழுத்தம் அடிக்கடி மாறுபடும். எனவே, வளி அழுத்தத்தைக் கொண்டு மேற்கூறிய மாறுபாடுகளால் ஏற்படும் வானிலை மாற்றங்களை முன்கூட்டியே அறிந்து கொள்ளலாம்.

## மாதிரிக் கணக்கு

2. ஓரிடத்தில் வளி அழுத்தம் 75·6 செ.மீ. பாதரசம். பாரமானியில் பாதரசத்திற்குப் பதில் நீரைப் பயன்படுத்ினால், அந்த இடத்தில் நீர்ப் பாரமானியின் (water barometer) உயரத்தைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** பாதரச பாரமானியின் உயரம் = 75·6 செ.மீ.

நீர்ப் பாரமானியின் உயரம் $= H$ எனக்கொள்வோம்.

வளி அழுத்தம் $= H$ செ.மீ. நீர்த்தம்பத்தின் அழுத்தம்
$= 75{\cdot}6$ செ.மீ. பாதரசத் தம்பத்தின் அழுத்தம்.

$$\therefore \quad H \times 1 \times g = 75{\cdot}6 \times 13{\cdot}6 \times g$$
$$H = 75{\cdot}6 \times 13{\cdot}6$$
$$= 1{,}028 \text{ செ.மீ.}$$

எனவே, நீர்ப் பாரமானியின் உயரம் = 1,028 செ.மீ.
= 10·28 மீட்டர்.

## வினாக்கள்

1. ஃபார்ட்டின் பாரமானியைப் படம் வரைந்து விளக்குக. அதனைக் கொண்டு வளி அழுத்தத்தை எவ்வாறு அளவிடுவது?

2. ஓரிடத்தில் பாரமானியின் அளவீடு 60 செ.மீ. அவ்விடத்தில் வளிஅழுத்தத்தைச் சார்பிலா அலகினில் கணக்கிடுக.
[$7{\cdot}9 \times 10^5$ டைன்கள்/ச.செ.மீ.]

3. ஓரிடத்தில் பாதரச பாரமானியின் உயரம் 75 செ.மீ. பாதரசத்திற்குப் பதில் 0·89 ஒப்படர்த்தி கொண்ட ஒரு

எண்ணையைப் பயன்படுத்தினால் பாரமானியின் உயரத்தைக் கணக்கிடுக, [11.30 மீட்டர்]

**பாயில் விதி** (Boyle's law)

வாயுப் பொருள்களின் அழுத்தம் சிறிதளவு மாறும்போது கூட அதன் பருமன் அதிக அளவில் மாறுபடுகிறது. ஒரு வாயுவின் அழுத்தத்திற்கும் அதன் பருமனுக்கும் உள்ள தொடர்பு பற்றிய விதியினை பாயில் (Boyle) என்பவர் கண்டார். பாயில் விதி எனப்படும் அவ்விதி பின்வருமாறு :

**வெப்பநிலை மாறாமல் இருக்கும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையையுடைய வாயுவின் அழுத்தம் அதன் பருமனுக்கு எதிர்விகிதத்திலிருக்கிறது.**

ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையையுடைய வாயுவின் பருமன் $V$ ஆகவும், அழுத்தம் $P$ ஆகவும் இருந்தால் அதன் வெப்பநிலை மாறாதிருக்கும் போது $P \propto \frac{1}{V}$

அல்லது $PV =$ மாறிலி.

அதாவது, ஒரே வெப்பநிலையில் வாயுவின் அழுத்தம் $P_1 P_2 P_3 \ldots\ldots$ என்று இருக்கும் பொழுது அதன் பருமன் $V_1 V_2 V_3 \ldots\ldots$ என்றால் பாயில் விதிப்படி,

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \ldots\ldots\ldots$$

பாயில் விதியை வாயுவின் அழுத்தம், அடர்த்தி ஆகியவற்றின் அடிப்படையிலும் கூறலாம். $m$ அலகு நிறை கொண்ட ஒரு வாயுவின் பருமன் $V_1, V_2 \ldots$ என்று இருக்கும் போது அதன் அடர்த்தி $d_1 d_2 \ldots$ ஆயின், வெப்பநிலை மாறாமலிருக்கும்போது,

$$V_1 = \frac{m}{d_1}$$

$$V_2 = \frac{m}{d_2}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\therefore \quad P_1 \times \frac{m}{d_1} = P_2 \times \frac{m}{d_2} = P_3 \times \frac{m}{d_3} \quad \ldots\ldots\ldots$$

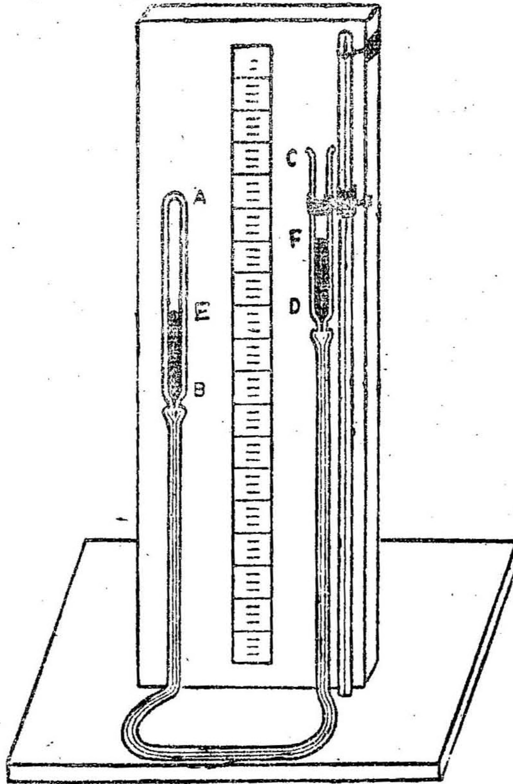
அல்லது $$\frac{P_1}{d_1} = \frac{P_2}{d_2} = \frac{P_3}{d_3}$$

அதாவது, $$\frac{P}{d} = \text{மாறிலி.}$$

எனவே, வெப்பநிலை மாறுதிருக்கும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட நிறை கொண்ட வாயுவின் அழுத்தம், அதன் அடர்த்திக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது.

## பாயில் விதியைச் சரிபார்த்தல்

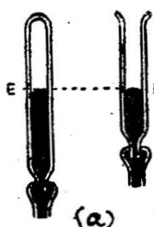
பாயில் விதியை, பாயில் விதிக்கருவி என்னும் ஒரு கருவியைக் கொண்டு சரிபார்க்கலாம். அக் கருவியின்




படம் 4.22

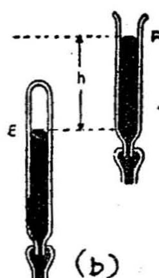
அமைப்பைப் படம் 4.22-ல் காணலாம். இக் கருவியில் ஒரே குறுக்களவு கொண்ட ஒரு முனை மூடப்பட்ட $AB$ என்ற கண்ணாடிக் குழாய் ஒரு செங்குத்தான தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. $AB$ என்ற குழாயின் திறந்த முனை $CD$ என்ற இரு முனையும் திறந்த மற்றொரு குழாயுடன் கெட்டியான இரப்பர் குழாயின் மூலமாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

$CD$ என்ற குழாயைத் தாங்கியோடு இணைக்கப்பட்ட ஒரு செங்குத்தான தண்டின்மீது மேலும் கீழும் நகர்த்தவோ, தேவையான இடத்தில் பொருத்தவோ முடியும். இரு குழாய்களுக்கு மிடையே ஓர் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. $CD$ என்ற குழாயைச் சேமக்குழாய் (reservoir) என்றும் அழைக்கலாம். $AB$, $CD$ ஆகிய குழாய்களின் கீழ்ப்பகுதிகளும் இரப்பர் குழாய் முழுவதும் பாதரசத்தால் நிரப்பப்பட்டிருக்கின்றன. $AB$ குழாயில் பாதரச மட்டத்திற்குமேல் சிறிதளவு காற்று உள்ளது. சேமக் குழாயை மேலும் கீழும் நகர்த்துவதன் மூலம் $AB$ குழாயில் உள்ள பாதரச மட்டத்தை மேலும் கீழும் நகர்த்தலாம். எனவே, அதிலுள்ள காற்றின் அழுத்தத்தை மாற்றலாம்.

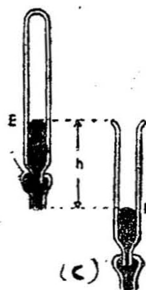



சோதனையைத் தொடங்குமுன் ஃபார்ட்டின் பாரமானியிலிருந்து வளி அழுத்தத்தைக் காணவேண்டும். அதனை $H$ செ.மீ. பாதரசம் எனக் கொள்வோம்.

இரு குழாய்களில் பாதரச மட்டங்கள் ஒரே அளவாய் இருக்குமாறு சேமக்குழாயை அமைக்கவேண்டும் [படம் 4.23$a$]. இப்போது $AB$-ல் இருக்கும் காற்றின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். $AB$-ல் காற்றுப்பகுதியின் நீளத்தைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.




அடுத்து, சேமக்குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டம் $AB$-ல் உள்ள மட்டத்திற்குமேல் இருக்கும்படி சேமக்குழாயை அமைக்க வேண்டும் [படம் 4.23$b$]. இரு மட்டங்களின் அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொண்டு, அவற்றின் வேறுபாட்டைக் ($h$) காணவேண்டும். இப்போது $AB$-ல் உள்ள காற்றின் அழுத்தம் $H+h$ செ.மீ. பாதரசம் ஆகும். காற்றுப் பகுதியின் நீளத்தையும் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.




படம் 4.23

பின்னர் சேமக்குழாயை அதிலுள்ள பாதரச மட்டம் $AB$-ல் உள்ள மட்டத்திற்குக் கீழ் இருக்கும்படி அமைத்து [படம் 4.23$c$], பாதரச மட்டங்களின் உயர வேறுபாட்டைக் ($h$) காண வேண்டும். இப்போது $AB$-ல் உள்ள காற்றின் அழுத்தம் $(H-h)$ செ.மீ. பாதரசம் ஆகும்.

காற்றுவெளியின் நீளத்தையும் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். சேமக்குழாயை வெவ்வேறு நிலைகளில் அமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்யவும்.

$AB$ குழாய் முழுவதும் ஒரே குறுக்களவு உடையதாயிருப்பதால் குழாயில் காற்று உள்ள பகுதியின் நீளம் காற்றின் பருமனுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். எனவே, காற்றின் அழுத்தம், காற்றுவெளியின் நீளம் ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலன் மாறிலி என்று மெய்ப்பித்தால் போதுமானது.

அளவீடுகளைப் பின் வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம் :

வளி அழுத்தம் $=H$ செ.மீ. பாதரசம்

மூடப்பட்ட முனையின் அளவீடு $=A$ செ.மீ.

| பாதரச மட்டங்களின் அளவீடு | | பாதரச மட்டங்களின் உயர வேறுபாடு $h=(F-E)$ | காற்றின் அழுத்தம் $P=H\pm h$ | காற்றுவெளியின் நீளம் $l=(A-E)$ | $P\times l$ |
|---|---|---|---|---|---|
| சேமக் குழாயில் $F$ | மூடப்பட்ட குழாயில் $E$ | | | | |
| | | | | | |

அட்டவணையின் கடைசிப் பத்தியிலுள்ள $P\times l$ மதிப்புகள் ஏறத்தாழ மாறிலியாயிருப்பதைக் காணலாம். இது பாயில் விதியை மெய்ப்பிக்கிறது.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. வளி அழுத்தத்தில் 40 கன அடி காற்றை உள்ளடக்கிய ஓர் இரப்பர் பை ஓர் ஏரியில் 132 அடி ஆழத்திற்கு அமிழ்த்தப்

படுகிறது. அந்த ஆழத்தில் காற்றின் பருமனைக் கணக்கிடுக (வளி அழுத்தம் = 33 அடி நீர்).

**விடை:** வளி அழுத்தம் $(P_1) = 33'$ நீர்

வளி அழுத்தத்தில் காற்றின்

பருமன் $(V_1) = 40$ கன அடி

ஏரியில் 132′ ஆழத்தில்

அழுத்தம் $(P_2) = 33 + 132$

$= 165'$ நீர்

அந்த ஆழத்தில் காற்றின் பருமன் $V_2$ எனக் கொள்வோம். பாயில் விதிப்படி,

$$P_2 V_2 = P_1 V_1$$
$$165\, V_2 = 33 \times 40$$
$$V_2 = \frac{33 \times 40}{165}$$
$$= 8 \text{ க. அடி.}$$

ஏரியில் 132 அடி ஆழத்தில் காற்றின் பருமன்

= 8 கன அடி.

2. 25 க.செ.மீ. கொள்ளளவு உள்ள அடர்த்தி சீசா ஒன்று தலைகீழாக நீருள் அமிழ்த்தப்படுகிறது. அதனுள் 5 க.செ.மீ. நீர் ஏறுவதற்கு அதனை எவ்வளவு ஆழத்திற்கு அமிழ்த்த வேண்டும்? (வளி அழுத்தம் = 76 செ.மீ. பாதரசம்; பாதரசத்தின் அடர்த்தி 13·6 கி./க.செ.மீ.)

**விடை:** சீசா அமிழ்த்தப்பட வேண்டிய ஆழம் $h$ செ.மீ. எனக் கொள்வோம்.

நீருக்கு வெளியே சீசா இருக்கும்போது அதனுள்ளிருக்கும் 25 க.செ.மீ. பருமனுள்ள காற்று நீருக்குள் $h$ செ.மீ. ஆழத்தில் 20 க.செ.மீ. பருமனைப் பெறுகிறது.

நீருக்குமேல் காற்றின் அழுத்தம் = வளி அழுத்தம்

= 76 × 13·6 கிராம் எடை/ச.செ.மீ.

$h$ செ.மீ. ஆழத்தில் காற்றின் அழுத்தம் =

$(76 \times 13{\cdot}6 + h \times 1)$ கிராம் எடை/ச.செ.மீ.

∴ பாயிலின் விதிப்படி

$$(76 \times 13{\cdot}6 + h)\, 20 = 76 \times 13{\cdot}6 \times 25$$
$$76 \times 13{\cdot}6 \times 20 + 20h = 76 \times 13{\cdot}6 \times 25$$

$$20h = 76 \times 13{\cdot}6\ (25-20)$$

$$h = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 5}{20}$$

$$= 258{\cdot}4 \text{ செ.மீ.}$$

எனவே, அடர்த்தி சீசா
அமிழ்த்தப்படவேண்டிய ஆழம் =258·4 செ.மீ.

## வினாக்கள்

1. பாயில் விதியை விளக்கிக் கூறுக. பாயில் விதியை சரிபார்ப்பதற்கான சோதனையை விவரிக்க.

2. 6.9 மீட்டர் ஆழமுள்ள ஓர் ஏரியின் அடியில் உருவாகி மேற்பரப்பை அடையும் காற்றுக் குமிழியின் பருமன் 2·5 க.செ.மீ. ஏரியின் அடியில் அதன் பருமனைக் கணக்கிடுக. (வளி அழுத்தம் 76 செ.மீ. பாதரசம்; பாதரசத்தின் அடர்த்தி 13·6 கி./க.செ.மீ.; ஏரி நீரின் அடர்த்தி 1 கி./க.செ.மீ.) [1·4 க.செ.மீ.]

3. 25 க.செ.மீ. கொள்ளளவு கொண்ட ஓர் அடர்த்தி சீசா தலைகீழாக நீருக்குள் அமிழ்த்தப்படுகிறது. அதனுள் 8 க.செ.மீ. நீர் ஏறுவதற்கு அதனை எவ்வளவு ஆழத்திற்கு அமிழ்த்த வேண்டும்? (வளி அழுத்தம்=76 செ.மீ. பாதரசம்) [486·4 செ.மீ.]

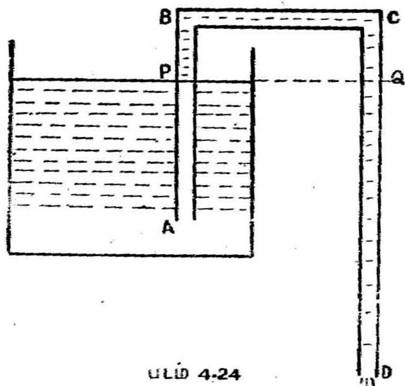
4. ஒரு முனை மூடப்பட்ட ஒரு நுண்குழாயினுள் 7·2 செ.மீ. நீளத்திற்குப் பாதரசம் உள்ளது. பாதரசத்திற்கும் மூடப்பட்ட முனைக்குமிடையே காற்று உள்ளது. நுண்குழாயை அதன் திறந்தமுனை மேல்நோக்கியிருக்குமாறு செங்குத்தாக வைத்த போது காற்றுவெளியின் நீளம் 23·6 செ.மீ. ஆகவும், திறந்த முனை கீழ்நோக்கியிருக்குமாறு வைத்தபோது காற்றுவெளியின் நீளம் 28·8 செ.மீ. ஆகவும் இருப்பின் வளி அழுத்தத்தைக் கணக்கிடுக. [72·56 செ.மீ.]

5. ஒரு பாரமானியில் குழாயின் பாதரச மட்டத்திற்குமேல் காற்று இருக்கிறது. அத்தகைய பாரமானியின் அளவீடு 27 அங்குலம்; பாதரச மட்டத்திற்குமேல் குழாயில் உள்ள காற்றுவெளியின் நீளம் 4 அங்குலம். கிண்ணத்தில் சிறிது பாதரசம் ஊற்றியபின் காற்றுவெளியின் நீளம் 3 அங்குலமாகக் குறைகிறது; பாரமானியின் அளவீடு 26 அங்குலத்திற்குக் குறைகிறது. வளி அழுத்தத்தைக் கணக்கிடுக. [30 அங்குலம்]

## நிலைப்பாய் பொருளியல் எந்திரங்கள்
(Hydrostatic machines)

### 1. வடிகுழாய் (Siphon)

ஒரு கலத்திலிருந்து அதைவிடக் கீழ்மட்டத்திலுள்ள மற்றொரு கலத்திற்கு ஒரு திரவத்தை மாற்றுவதற்கு இந்த வடி குழாய் பயன்படுகிறது. இது ஒரு வளைந்த குழாய் [படம் 4·24]. படத்தில் $AB$ என்ற புயம் $CD$ என்ற புயத்தைவிட நீளமானது.




படம் 4·24

திரவத்தை மாற்ற, முதலில் குழாயை அத் திரவத்தால் நிரப்பி, அதன் முனைகளை விரல்களால் மூடவேண்டும். பின்னர் குட்டையான புயத்தின்முனை மாற்றப்பட வேண்டிய திரவத்தினுள் நன்றாக அமிழ்ந்திருக்குமாறு வைத்து விரல்களை எடுத்துவிட வேண்டும். விரல்களை எடுத்தவுடன் குழாயின் மூலம் திரவம் வெளியேறுவதைக் காணலாம்.

வடிகுழாய் செயலாற்றுவதைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம். திரவத்தின் மேற்பரப்பில் $P$ என்ற புள்ளியையும், அதே மட்டத்தில் $CD$ புயத்தில் உள்ள $Q$ என்ற புள்ளியையும் எடுத்துக் கொள்வோம்.

$Q$-ல் அழுத்தம் $=$ $P$-ல் அழுத்தம் $=$ வளி அழுத்தம்.

$D$ முனையில்:

குழாயினுள்ளிருந்து கீழ்நோக்கிச் செயற்படும் அழுத்தம் $=$ $Q$-ல் அழுத்தம் $+$ $QD$ உயரமுள்ள திரவத் தம்பத்தின் அழுத்தம்.

மேல்நோக்கிச் செயற்படும் அழுத்தம் $=$ வளி அழுத்தம்.

எனவே, கீழ்நோக்கு அழுத்தம் மேல்நோக்கு அழுத்தத்தைவிட அதிகமாயிருப்பதால் திரவம் குழாயிலிருந்து வெளிவருகிறது. இந்த அழுத்த வேறுபாடு இருக்கும்வரை திரவம் குழாய் வழியாக வந்துகொண்டிருக்கும்.

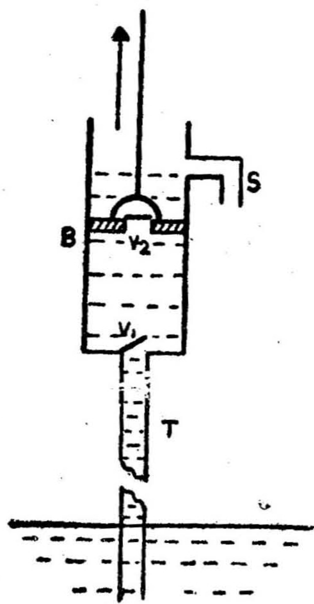
வடிகுழாய் சிறப்பாக வேலை செய்ய :

(i) $D$ முனை எப்போதும் $P$–ல் உள்ள திரவமட்டத்திற்குக் கீழ் இருக்கவேண்டும்.

(ii) குழாயின் வளைந்த பகுதிவரை திரவம் மேல்நோக்கி ஏறவேண்டியிருப்பதால், திரவ மட்டத்திலிருந்து வளைந்த பகுதியின் செங்குத்து உயரம் அந்தத் திரவ பாரமானியின் உயரத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கவேண்டும் (வளி அழுத்தத்தால் தாங்கக்கூடிய அந்தத் திரவத்தம்பத்தின் உயரத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கவேண்டும்).

## 2. பொதுப் பம்பு (Common pump)

இது கிணற்றிலிருந்து நீரை மேலேற்றுவதற்குப் பயன்படுகிறது. இதில் $S$ என்ற கொட்டுதாரையுடன் கூடிய $B$ என்ற உருளை வடிவ மிடா (barrel) ஒன்று உள்ளது. அதன் அடிப்பகுதி வால்வு (valve) ஒன்றின் ($V_1$) வழியாக $T$ என்ற நீண்ட குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது [படம் 4.25]. இந்தக் குழாயின் மறுமுனை கிணற்று நீரினுள் அமிழ்ந்திருக்கிறது. மிடாவில் ஓர் உந்து தண்டு இயங்குகிறது. உந்து தண்டிலும் வால்வு ஒன்று ($V_2$) உள்ளது. வால்வுகள் இரண்டும் மேல்நோக்கித் திறக்கக் கூடியனவாயுள்ளன. கிணற்றிலுள்ள நீர்மட்டத்திலிருந்து சுமார் 34 அடிக்குக் குறைவான உயரத்தில் $V_1$ அமையவேண்டும்.



படம் 4.25

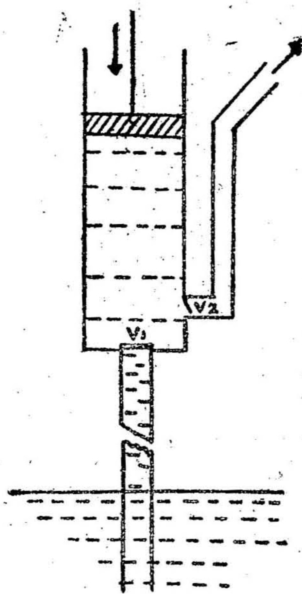
பொதுப் பம்பு எவ்வாறு செயலாற்றுகிறது என்பதைக் காண்போம். உந்துதண்டு மிடாவின் அடியில் இருக்கும் கணத்திலிருந்து அதன் இயக்கத்தைக் கருதுவோம். உந்துதண்டு மேலே தூக்கப்படும்போது அதற்குக்கீழ் மிடாவில் உள்ள காற்றின் அழுத்தம் குறைக்கப்படுகிறது. $V_2$–ன் மேல் பகுதியில் வளி அழுத்தம் செயற்படுவதால் அது மூடிக்கொள்கிறது. ஆனால் $V_1$ திறந்துகொள்கிறது

எனவே, $T$-லிருந்து கொஞ்சம் காற்று மிடாவுக்குள் நுழைகிறது; $T$-ல் நீர் மேலேறுகிறது. அடுத்து, உந்துதண்டு கீழே இறக்கப்படும்போது அதன் கீழ்உள்ள காற்று அழுத்துப்படுகிறது. எனவே $V_1$ மூடிக்கொள்கிறது; $V_2$ திறந்து கொள்கிறது. அழுக்தப்பட்ட காற்று $V_2$ வழியே வெளியேறு கிறது. திரும்பவும் உந்துதண்டு மேலே தூக்கப்படும்போது $T$-ல் நீர் மேலும் ஏறுகிறது.

உந்துதண்டின் சிலதாக்குகளுக்குப்பிறகு நீர் மிடாவுக்குள் நுழையும். இப்போது உந்துதண்டு கீழே இறக்கப்படும் போது, நீர் $V_2$ஐத் திறந்துகொண்டு உந்துதண்டுக்கு மேலே செல்லுகிறது. உந்துதண்டு தூக்கப்படுபோதும் அதன்மேல் உள்ள நீர் தூக்கப்பட்டுக் கொட்டுதாரை வழியாக வெளி யேற்றப்படுகிறது. அதே சமயத்தில் $T$-லிருந்து நீர் மிடா விற்குள் $V_1$ வழியாக நுழைகிறது. அதன் பின்னர் உந்துதண்டு மேலே தூக்கப்படும் ஒவ்வொரு முறையும் கொட்டுதாரை வழியாக நீர் வெளியேற்றப்படுகிறது.

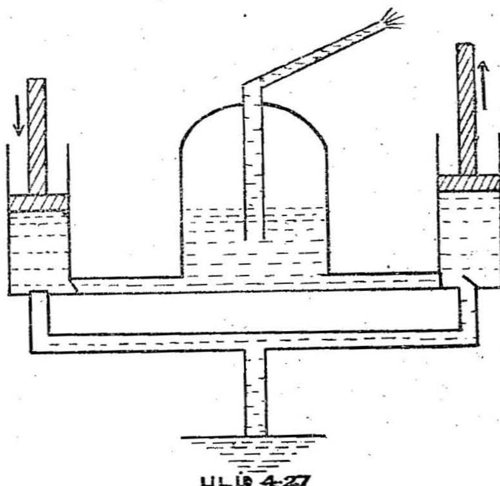
### 3. விசைப் பம்பு (Force pump)

இதில் நீர் வெளியேறும் குழாய் மிடாவின் அடிப்பகுதியில் இருக்கிறது. இதன் உந்துதண் டில் வால்வு கிடையாது. ஆனால், வெளியேறும் குழாயினுள் திறக்கு மாறு அமைந்த வால்வு ஒன்று($V_2$) உள்ளது [படம் 4.26]. பொதுப் பம்பில் உள்ளதுபோலவே உந்து தண்டின் சில தாக்குகளுக்குப் பிறகு நீர் மிடாவிற்குள் நுழை கிறது. உந்துதண்டின் அடுத்த கீழ்நோக்கு தாக்கின் போது அதன் கீழ்உள்ள நீர் அழுத்தப் படுவதால் அது $V_2$ஐத் திறந்து கொண்டு வேகமாக வெளியேறு கிறது. மேல் நோக்கு தாக்கின் போது வளி அழுத்தத்தால் $V_2$ மூடிக்கொள்ளுகிறது. $V_1$ திறந்து கொண்டு மிடாவிற்குள் நீர் நுழை கிறது. அதன் பின்னர் ஒவ்வொரு கீழ்நோக்கு தாக்கின் போதும் வேகமாக நீர் வெளியேறுகிறது.



படம் 4.26

தீயணைக்கும் எந்திரத்தில் (fire engine) இரண்டு விசைப் பம்புகள் உள்ளன. இரண்டும் மாறி மாறி செயலாற்றுகின்றன. அதாவது, ஒன்றின் உந்துதண்டு மேல்நோக்கி அசையும் போது மற்றொன்றின் உந்துதண்டு கீழ்நோக்கி அசைகிறது. எனவே, அவை யிரண்டின் வெளியேறும் குழாய்களும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு காற்றறைக்குள் (air chamber) தொடர்ந்து நீர் நுழைகிறது [படம் 4.27]. இதனால், காற்றறையி



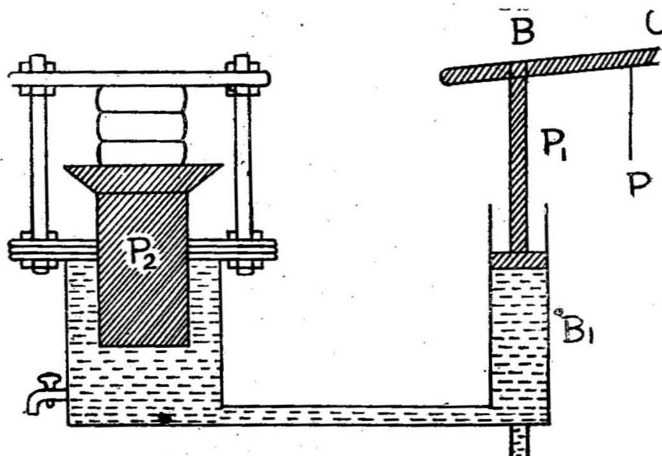
படம் 4.27

னுள் உள்ள காற்று அழுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு அழுத்தப் பட்ட காற்று, காற்றறையிலுள்ள நீரை ஒரு தூம்பு வாயின் (nozzle) வழியாக அதிக விசையோடு தொடர்ந்து வெளி யேற்றுகிறது.

**4. பிராமா அழுத்தி எந்திரம் (Bramah press)**

இது நீராற்றல் அழுத்தி எந்திரம் (hydraulic press) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இது அழுத்தம் கடத்துதலைப்பற்றிய பாஸ்கல் விதியின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது. இதில், $B_1$ என்ற உருளை வடிவ மிடாவும், $P_1$ என்ற உந்துதண்டும் அடங்கிய விசைப் பம்பு ஒன்றின் வெளியேறும் குழாய் $B_2$என்ற மற்றொரு பெரிய உருளை வடிவ மிடாவுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அதனுள் ரேம் (ram) என்ற ஓர் உந்துதண்டு ($P_2$) இயங்குகிறது. அழுத்தப்படவேண்டிய பொருள் $P_2$-ன் மேற் பரப்பிற்கும் அதற்குமேல் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு கெட்டி யான தளத்திற்கும் இடையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது

[படம் 4.28]. விசைப்பம்பின் உந்துதண்டு ஒரு நெம்புகோலால் ($FAB$) இயக்கப்படுகிறது. இரு மிடாக்களிலும் நீர் நிரப்பப் பட்டிருக்கும்.




படம் 4.28

விசைப்பம்பின் உந்துதண்டின் ஒவ்வொரு கீழ்நோக்கு தாக்கின் போதும் $B_2$-க்குள் விசையுடன் நீர் செலுத்துப்படு கிறது. இதனால் $P_2$-ன் மீது செயற்படும் அமுக்கம் அதிகமா கிறது. எனவே, அது மேலேற்றப்படுகிறது.

$P_1$, $P_2$ ஆகியவற்றின் பரப்பளவுகளை முறையே '$a$', '$A$' என்றும், நெம்புகோலால் $P_1$ மீது செயற்படுத்தப்படும் விசையை $f$ என்றும் கொள்வோம். நீரினுள் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் $\frac{f}{a}$-க்குச் சமமான அளவு அழுத்தம் அதிகரிக்கும். இந்த அதிகரிப்பு $P_2$-ன் மீது ஒவ்வொரு புள்ளிக்கும் செலுத்தப் படுகிறது. எனவே, அதன் பரப்பின்மீது செயற்படும் அமுக்க அதிகரிப்பு $\frac{f}{a} \times A$ ஆகும்.

ஆனால் $f$ என்ற விசை நெம்புகோலின் உதவியால் செயற் படுத்தப்படுகிறது. நெம்புகோலின் $B$ முனையில் செயற்படுத்தப் படும் விசை $P$ ஆனால், $f = P \times \frac{CF}{BF}$. எனவே, $P_2$-ன்மீது செயற்படும் விசை $F = f \times \frac{CF}{BF} \times \frac{A}{a}$.

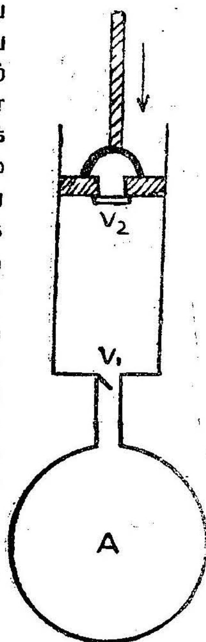
$f$, $CF$, $A$ ஆகியவற்றின் மதிப்பை அதிகரிப்பதன் மூலம் $F$-ன் மதிப்பை அதிகப்படுத்தலாம்.

இந்த எந்திரம் பஞ்சுப் பொதிகளை இறுக்கவும் உலோகத் தகடுகளைத் தேவைப்பட்ட வடிவங்களுக்கு அழுத்தவும் பயன் படுகிறது.

## 5. காற்று அழுத்தும் பம்பு (Compression pump)

இது, ஒரு கொள்கலத்தினுள் காற்றை அழுத்தப் பயன்படு கிறது. காற்பந்துப் பம்பு (foot ball inflator), மிதி வண்டிப் பம்பு (cycle pump) போன்றவை இந்தப் பம்பின் வகையைச் சேர்ந்தவை. இந்தப் பம்பின் அடிப்பாகத்தில் $V_1$ என்ற வால்வு உள்ள $B$ என்ற ஓர் உருளை வடிவ மிடா உள்ளது. மிடாவினுள் $V_2$ என்ற வால்வைக்கொண்ட ஓர் உந்துதண்டு உள்ளது. $V_1$ மிடாவுக்கு வெளிப்பக்கம் திறக்கக் கூடியதாகவும், $V_2$ உட் பக்கம் திறக்கக் கூடியதாயும் இருக்கின்றன. $A$ என்பது அத னுள் காற்று அழுத்தப்பட வேண்டிய ஒரு கொள்கலம் [படம் 4·29].

மிடாவின் அடிப்பாகத்திலிருந்து உந்து தண்டு மேலே உயர்த்தப்படும்போது உந்து தண்டின்கீழ் மிடாவுக்குள் ஓரளவு வெற் றிடம் உண்டாகிறது. $A$-லுள்ள காற்றின் அழுத்தம் $V_1$-ல் தாக்குவதால் அது மூடிக் கொள்ளுகிறது. அதே சமயத்தில் $V_2$-ல் வளி அழுத்தம் செயற்படுவதால் அது திறந்துகொண்டு வெளிக்காற்றை மிடாவுக் குள் அனுமதிக்கிறது. உந்துதண்டு கீழ் நோக்கித் தள்ளப்படும்போது மிடாவிற்குள் இருக்கும் காற்று அழுத்தப் படுவதால் $V_2$ மூடிக்கொண்டு $V_1$ திறந்துகொள்ளுகிறது. எனவே, மிடாவுக்குள் இருக்கும் காற்று கொள்கலத்தினுள் செலுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறாக உந்துதண்டின் ஒவ்வொரு மேல் நோக்குத் தாக்கின்போதும் மிடாவுக்குள் நுழையும் வளி அழுத்தத்திலுள்ள வெளிக் காற்று உந்துதண்டின்கீழ்நோக்குத் தாக்கின் போது கொள்கலத்தினுள் செலுத்தப்படு கிறது.




படம் 4.29

உந்துதண்டின் $n$ கீழ்நோக்குத் தாக்கு களுக்குப் பிறகு கொள்கலத்திலுள்ள காற்றின் அழுத்தத்தைப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

மிடாவின் கொள்ளளவு $v$ க.செ.மீ. என்றும், கொள் கலத்தின் கொள்ளளவு $V$ க.செ.மீ. என்றும் கொள்வோம். உந்துதண்டின் ஒவ்வொரு கீழ்நோக்கு தாக்கின்போதும் வளி அழுத்தத்திலிலுள்ள $v$ க.செ.மீ காற்று கொள்கலத்தினுள் செலுத்தப்படுகிறது. எனவே, $n$ தாக்குகளின் இறுதியில் வளி அழுத்தத்திலுள்ள $V$ க.செ.மீ. காற்றுடன் $nv$ க.செ.மீ. காற்றும் அதில் அடைக்கப்படுகிறது. கொள்கலம் விரிவடையாமல் இருக்கிறது என்று கருதிக்கொண்டு $n$ தாக்குகளின் முடிவில் அதில் காற்றின் அழுத்தம் $P$ எனக் கொள்வோமானுல், வளி அழுத்தத்தில் $(V+nv)$ பருமனுள்ள காற்று $P$ அலகு அழுத்தத்தில் $V$ க.செ.மீ. பருமனுள்ளதாக இருக்கிறது. வளி அழுத்தம் $H$ ஆயின், பாயில் விதிப்படி,

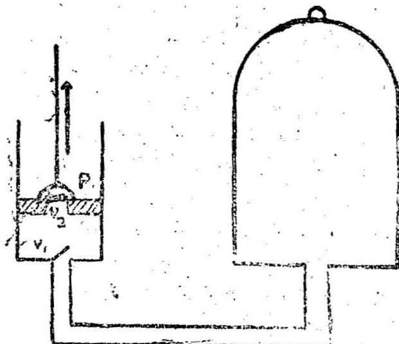
$$PV = (V+nv)H$$

$$\text{அல்லது } P = \left(\frac{V+nv}{V}\right)H$$

$$P = \left(1 + \frac{nv}{V}\right)H$$

## 6. வெளியேற்றும் பம்புகள் (Exhaust pumps)

இந்தப் பம்புகள், வெற்றிடமாக்க அதாவது ஒரு கொள் கலத்திலுள்ள காற்றை நீக்கப் பயன்படுகின்றன. இதில் $V_2$ என்ற வால்வைக் கொண்ட ஓர் உந்துதண்டு $B$ என்ற உருளை வடிவ மிடாவினுள் இயங்குகிறது. வெற்றிட




படம் 4.30

மாக்கப்பட வேண்டிய கொள்கலம் மிடாவின் அடிப்பாகத்துடன் $V_1$ என்ற வால்வு மூலமாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இரு வால்வுகளும் மேல்நோக்கித் திறக்கக் கூடியனவாய் இருக்கின்றன [படம் 4.30].

தொடக்கத்தில் கொள்கலத்தினுள் உள்ள காற்று வளி அழுத்தத்தில் உள்ளது. பம்பின் உந்துதண்டு மிடாவின் அடிப்பகுதியிலிருந்து மேலே உயர்த்தப்படும்போது மிடாவினுள் உந்துதண்டின்கீழ் ஓரளவு வெற்றிடம் ஏற்படுகிறது. $V_2$-ன் மேல் வளி அழுத்தம் செயற்படுவதால் அது மூடிக் கொள்கிறது. கொள்கலத்திலுள்ள காற்று $V_1$ஐத் திறந்து கொண்டு மிடாவினுள் நுழைகிறது. உந்துதண்டு கீழ்நோக்கித் தள்ளப்படும்போது மிடாவினுள் காற்று அழுத்தப்படுவதால் $V_1$ மூடிக்கொண்டு $V_2$ திறந்து கொள்ளுகிறது. அழுத்தப்பட்ட காற்று $V_2$ வழியே வெளியேறுகிறது. இவ்வாறாக ஒவ்வொரு மேல்நோக்குத் தாக்கின் போதும் கொள்கலத்திலிருந்து மிடாவினுள் நுழைந்த காற்று ஒவ்வொரு கீழ்நோக்குத் தாக்கின் போதும் வெளியேற்றப்படுகிறது. சில தாக்குகளுக்குப் பிறகு கொள்கலம் ஏறத்தாழ வெற்றிடமாக்கப்படும்.

இந்தப் பம்பின் உதவியால் பெறக்கூடிய காற்று நீக்கத்திற்குப் பின்வரும் காரணங்களால் ஓர் எல்லை (limit) உள்ளது.

1. உந்துதண்டின் சில தாக்குகளுக்குப் பிறகு கொள்கலத்திலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் $V_1$ஐத் திறக்க முடியாத அளவுக்குக் குறைந்துவிடுகிறது. அதன் பின்னர் பம்பு செயலாற்றுவதில்லை.

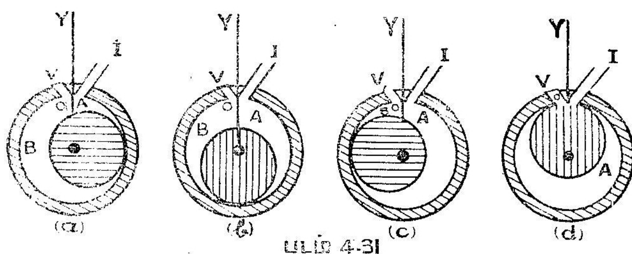
2. உந்துதண்டு மிடாவின் அடிப்பகுதியில் இருக்கும் போது உந்துதண்டிற்கும் மிடாவின் அடிப்பகுதிக்கும் இடையே எப்போதும் சிறிது இடைவெளி இருக்கிறது. இதில் எப்போதும் சிறிது காற்று இருப்பதால் உந்துதண்டு மேலே உயர்த்தப்படும்போது இது ஓர் அழுத்தத்தைக் கொடுத்து $V_1$ஐ மூடி வைக்க முயற்சிக்கும்.

இந்தப் பம்பின் உதவியால் ஏற்படக்கூடிய காற்று நீக்கத்தின் பெருமஅளவு சுமார் 2 மி.மீ. முதல் 3 மி.மீ. பாதரசமாகும். அதற்குமேல் இதனைக் கொண்டு வெற்றிடமாக்க முடியாது.

### சென்கோ ஹைவேக் பம்பு (Cenco Hyvac pump)

அதிக அளவுக் காற்று நீக்கம் ஏற்படுத்தச் சுழற்பம்புகள் (rotary pumps) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வகைப் பம்புகளில் மிக அதிக அளவில் பயன்படும் பம்பு சென்கோ ஹைவேக் பம்பு ஆகும்.

இதில் உள்ளீடற்ற உருளைவடிவப் பொதியுறை ஒன்றினுள் கெட்டியான உருளை ஒன்று உறழ் வட்டமாக (eccentrically) இயங்குகிறது. கெட்டியான உருளையைச் சுழற்கூறு (rotor) என்றும் பொதியுறையை நிலைக்கூறு (stator) என்றும் அழைக்கலாம். சுழற்கூறு ஒரு மின் சுழற்றியின் (electric motor) உதவியால் இயக்கப்படுகிறது. சுழற்கூறு சுழலும்போது நிலைக் கூறின் உட்பரப்பைத் தொட்டுக்கொண்டே செல்லுகிறது. நிலைக்கூறில் $I$, $O$ என்னும் இரு திறப்புகள் (openings) உள்ளன. $O$ என்ற திறப்பு, காற்று வெளியேறும் வழியாக அமைகிறது. அது $V$ என்ற ஒரு வால்வால் மூடப்பட்டிருக்கிறது, வால்வு வெளிப்பக்கம் திறக்கக் கூடியதாய் இருக்கிறது. $I$-ன் மூலமாகப் பம்பு வெற்றிடமாக்கப்பட வேண்டிய கலத்துடன் இணைக்கப்படுகிறது. இரு திறப்புகளுக்குமிடையே மேலும் கீழும் இயங்கும் ஒரு தகடு ($N$) உள்ளது. இத் தகடு ஒரு விற் கம்பியினால் (spring) சுழற்கூறோடு அழுந்தியிருக்கு மாறு அமைந்திருக்கிறது. இதனால் நிலைக்கூறின் உட்பகுதி $A$, $B$ என்ற இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. சுழற்கூறு உறழ்வட்டமாகச் சுழலுவதால் ஒரு பகுதியின் கொள்ளளவு படிப்படியாகக் குறையும். அதே நேரத்தில் மற்ற பகுதியின் கொள்ளளவு அதிகமாகிறது [படம் 4.31]. சுழற்கூறின்



படம் 4.31

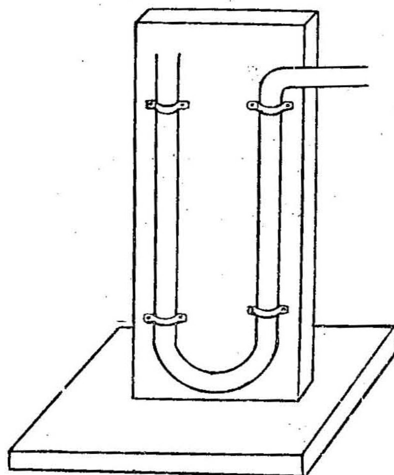
ஒரு சுழற்சியின் அடுத்தடுத்த நிலைகளைக் காட்டும் படங்களி லிருந்து [4.31] பம்பு செயலாற்றுவதை எளிதில் விளங்கிக் கொள்ளலாம்.

சுழற்கூறு படம் 4.31-$a$-ல் காட்டப்பட்டுள்ள நிலையிலிருந்து சுழலும்போது $A$ பகுதியின் கொள்ளளவு அதிகமாகிறது. எனவே, இதனுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் கொள்கலத்தினுள் உள்ள காற்று இதனுள் விரிவடைகிறது. அதே சமயத்தில் $B$ பகுதியின் கொள்ளளவு குறைவதால் அதனுள் உள்ள காற்று அழுத்தப்பட்டு $V$ வழியாக வெளியேற்றப்படுகிறது. பம்பு செயல்படத்தொடங்கிய சில நிமிடங்களில் சுமார் 0.001

மி.மீ. பாதரசம் அளவுக்குக் காற்று நீக்கம் உண்டாக்கக் கூடியதாயிருக்கிறது.

**அழுத்தமானிகள்** (Manometers)

இவை ஒரு கொள்கலத்திலுள்ள வாயுவின் அழுத்தத்தை அளவிடப் பயன்படுகின்றன. அழுத்த மானிகளுள் மிகஎளியது U குழாய் அழுத்தமானியாகும் (U-tube manometer). இந்த அழுத்த மானியில் U வடிவில் வளைக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாய் (*ABC*) ஒரு செங்குத்தான தாங்கியில் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. அழுத்தம் அளவிடப்பட வேண்டிய வாயு இருக்கும் கொள்கலத்துடன் இணைப்பதற்கேற்ப U குழாயின் ஒரு புயம் செங்கோணமாக வளைக்கப்பட்டுள்ளது [படம் 4·32]. இந்த அழுத்தமானிகளில் இரு வகை உண்டு. ஒன்று திறந்த U குழாய் அழுத்தமானி (open U-tube manometer); இதில் இரு



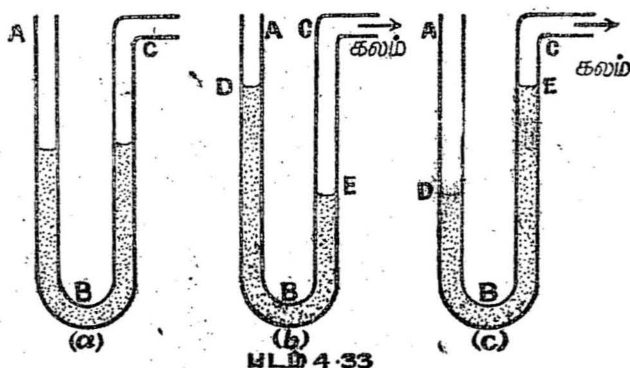
படம் 4.32

முனைகளும் திறந்திருக்கும். மற்றது, மூடப்பட்ட U குழாய் அழுத்தமானி (closed U-tube manometer); இதில் ஒரு புயம் மூடப்பட்டிருக்கும்.

**திறந்த U-குழாய் அழுத்தமானி**

இது, சோதனைச் சாலையில் விநியோகிக்கப்படும் எரி வாயுவின் அழுத்தம் போன்ற, வளி அழுத்தத்திற்கு ஏறத் தாழச் சமமான அழுத்தத்தைஅளவிடப்பயன்படுகிறது. இதில் அடர்த்தி தெரிந்த எந்தத் திரவத்தையும் பயன்படுத்தலாம்.

சோதனையின் தொடக்கத்தில் இரு புயங்களிலும் திரவ மட்டங்கள் ஒரே அளவாயிருக்கும் [படம் 4.33-$a$]. வாயு




படம் 4·33

அடங்கிய கலத்தை $C$ முனையுடன் இணைத்தவுடன் வாயுவின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்தைவிட அதிகமாயிருப்பின் $BC$ புயத்தில் திரவமட்டம் கீழிறங்குகிறது [படம் 4.33-$b$]; குறைவாயிருப்பின் மேலே செல்லுகிறது [படம் 4.33-$c$]. இப்போது $AB$ புயத்தில் திரவமட்டத்தை $D$ எனவும், $BC$ புயத்தில் $E$ எனவும் கொள்வோம்.

வாயுவின் அழுத்தம் வளிஅழுத்தத்தைவிட அதிகமாக இருப்பதாகக் கொள்வோம். அது சார்பிலா அலகுகளில் (டைன்/ச.செ.மீ. அல்லது பவுண்டல்/ச.அடி) அளவிடப் பட்டால்,

வாயுவின் அழுத்தம் $(P)$ = $E$-ல் அழுத்தம்
= $D$-ல் அழுத்தம் + $DE$ உயரமுள்ள திரவத் தம்பத்தின் அழுத்தம்.

$D$ மட்டம் வளிமண்டலத்துடன் தொடர்பு கொண்டிருப்பதால், $D$-ல் அழுத்தம் = வளி அழுத்தம் $=H$ சார்பிலா அலகுகள். மேலும், $DE = h$ ஆயின்,

$$P = H + hdg \text{ சார்பிலா அலகுகள்.}$$

வாயுவின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக இருப்பின்,

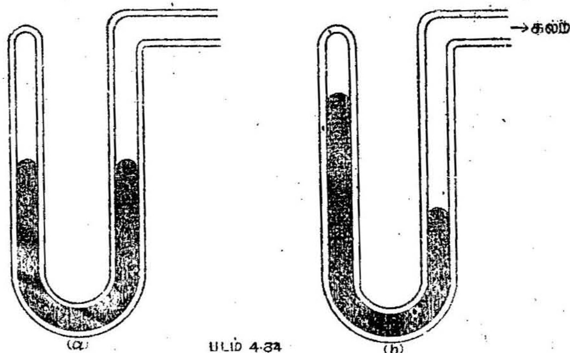
$$P = H - hdg \text{ சார்பிலா அலகுகள்.}$$

### மூடப்பட்ட U-குழாய் அழுத்தமானி

இது, சோதனைச் சாலைகளில் விநியோகிக்கப்படும் நீரின் அழுத்தத்தைப் போன்ற மிக அதிக அழுத்தத்தை அளவிடப்

பயன்படுகிறது. மிக அதிக அழுத்தங்களை வளி அழுத்தம் (atmosphere) என்ற அலகினால் குறிக்கிறோம் (1 வளி அழுத்தம் = 76 செ.மீ. பாதரசத் தம்பத்தின் அழுத்தம்).

அழுத்தமானியில் தொடக்கத்தில் இரு புயங்களிலும் பாதரசம் நிரப்பப்பட்டு, பாதரச மட்டங்கள் ஒரே அளவாய் இருக்கும்படி அமைக்கப்படுகிறது [படம் 4.34$a$]. இப்போது



படம் 4.34

மூடப்பட்ட புயத்தில் உள்ள காற்றின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்திற்குச் ($H$ செ.மீ. பாதரசம்) சமமாகும். அந்தக் காற்று வெளியின் நீளத்தை $l$ எனக் குறித்துக் கொள்வோம்.

அழுத்தமானியைக் கொள்கலத்துடன் இணைத்தவுடன் பாதரச மட்டங்கள் 4.33$b$-யில் காட்டியுள்ளபடி அமைகின்றன. வாயுவின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்தைவிட அதிகமா யிருப்பதால் $BC$ புயத்தில் பாதரசமட்டம் கீழிறங்கி $AB$ புயத்தில் மேலேறுகிறது. இரு புயங்களிலும் பாதரச மட்டங்கள் முறையே $E$, $D$ எனக் கொள்வோம். $AB$ புயத்தில் பாதரச மட்டம் மேலே செல்லுவதால் அதிலுள்ள காற்று அழுத்தப் படுகிறது. இப்போது காற்று வெளியின் நீளத்தை $l_1$ எனக் குறித்துக் கொள்வோம். அதன் அழுத்தம் $P_1$ என்றால் பாயில் விதிப்படி,

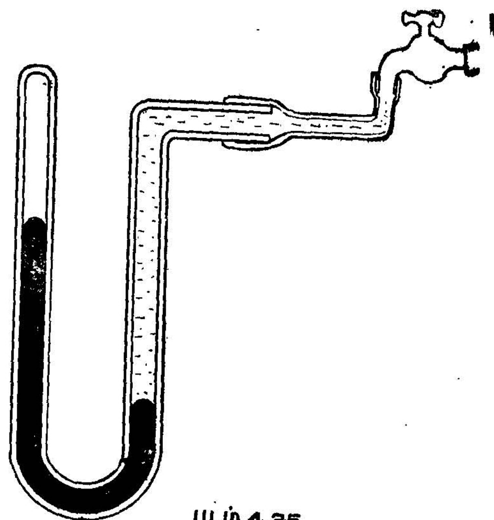
$$P_1 \times l_1 = H \times l$$

$$P_1 = H\frac{l}{l_1}$$

பாதரச மட்டங்களின் உயரவேறுபாடு $h$ என்றால்,
வாயுவின் அழுத்தம் $(P) = E$-ல் அழுத்தம் $= D$-ல் அழுத்தம் $+ h$ செ.மீ. உயர பாதரசத் தம்பத்தின் அழுத்தம்.

$P = (P_1 + h)$ செ.மீ. பாதரசம்.

சோதனைச் சாலையில் நீரின் அழுத்தத்தை அளவிட $C$ முனையை நீர்க் குழாயுடன் இணைத்தபின் அதனைச் சிறிது



படம் 4.35

சிறிதாகத் திறக்கவேண்டும் [படம் 4.35]. திரவ மட்டங்கள் நிலைபெற்றவுடன் அவற்றின் உயர வேறுபாட்டைக் கணக்கிட்டு நீரின் அழுத்தத்தைக் கணக்கிட வேண்டும்.

## வினாக்கள்

(1) வடிகுழாய் செயற்படு முறையை விளக்குக.

(2) அழுத்தம் கடத்துதலைப் பற்றிய பாஸ்கலின் விதியை விவரித்துக் கூறுக. அதனை அடிப்படையாகக் கொண்ட நீரியல் எந்திரம் ஒன்றைப்பற்றி விவரித்துக் கூறுக.

(3) மிக அதிக வெற்றிடம் உண்டாக்கக் கூடிய சுழற் பம்பின் படம் வரைந்து அது தொழிற்படும் முறையை விளக்குக.

(4) சோதனைச் சாலைகளில் விநியோகிக்கப்படும் எரிவாயு, நீர் ஆகியவற்றின் அழுத்தங்களை அளவிடுவதற்கான முறைகளை விவரிக்கவும்.

# 5. வெப்பவியல்

## (Heat)

**வெப்பநிலை** (Temperature)

வெப்பம் என்பது ஒரு வகை ஆற்றல். அதனை ஒரு பொருளோடு சேர்க்கும்போது அப் பொருளில் ஏற்படும் மிக எளிதில் உணரக்கூடிய மாற்றம் அதன் வெப்பநிலை மாற்றமாகும். ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை என்பது என்ன? நம் அன்றாட வாழ்க்கையில் சூடான பொருள்களையும், குளிர்ச்சியான பொருள்களையும் கையாளுகிறோம். இரு பொருள்களில் எது சூடாக உள்ளதோ அதனை அதிக வெப்பநிலையில் உள்ளது என்று கூறுகிறோம். ஒரு பொருளைச் சூடேற்றுவதன் மூலம் அதன் வெப்பநிலையை அதிகப்படுத்தலாம். ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையை அதன் வெம்மையின் (hotness) அளவெனக் கூறலாம்.

ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையை அளவிட ஓர் அலகு தேவைப்படுகிறது. மெட்ரிக் முறையில் வெப்பநிலை அலகு டிகிரி சென்டிகிரேடு ஆகும்; பிரிட்டன் முறையில் டிகிரி ஃபாரன்ஹீட் ஆகும். ஒரு சென்டிகிரேடு என்பது நீரின் உறைநிலைக்கும், படித்தர வளிஅழுத்தத்தில் நீரின் கொதி நிலைக்கும் உள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டின் நூறில் ஒரு பகுதியாகும். ஒரு டிகிரி ஃபாரன்ஹீட் என்பது மேற்கூறிய வேறுபாட்டின் 180-ல் ஒரு பகுதியாகும். வெப்பநிலையை அளவிடப் பயன்படும் கருவி வெப்பநிலைமானி (Thermometer) ஆகும். நீரின் உறைநிலையை வெப்பமானியின் கீழ்த்திட்ட வரை (lower fixed point) என்றும், படித்தர வளி அழுத்தத்தில் நீரின் கொதிநிலையை மேல்திட்ட வரை (upper fixed point) என்றும் அழைக்கிறோம்.

**வெப்பநிலைமானியை அமைத்தல்**

ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை மாறும்போது அதன் பௌதிகப் பண்புகள் மாறும். காட்டாக, ஒரு திரவத்தின் வெப்பநிலை மாறும்போது அதன் பருமன் மாறுகிறது. இத்தகைய பண்பினை அடிப்படையாகக்கொண்டே வெப்பநிலை மானிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. சோதனைச் சாலைகளில் பயன்படும் வெப்பநிலைமானிகளில் பாதரசத்தின் பருமன் மாறுதல் வெப்பநிலைகளை அளக்கப் பயன்படுகிறது.

பாதரசத்தைத் தேர்ந்தெடுப்பதற்கான காரணங்கள் பின் வருமாறு :

1. அதன் உறைநிலை — 39°C; கொதிநிலை 357°C. ஆதலால், அதனைக் கொண்டு அளவிடக்கூடிய வெப்ப நிலைப் பகுதி அதிக அளவுள்ளதாக இருக்கும்.

2. அதன் பெருக்க எண் (co-efficient of expansion) அதிக மாக இருப்பதோடு அதன் பெருக்கம் ஒரே சீராயுள்ளது.

3. அதன் வெப்பக் கடத்துந்திறன் அதிகமாயிருப்பதால் வெப்பநிலை காணவேண்டிய பொருளின் வெப்பநிலையை அது மிக விரைவில் பெறுகிறது.

4. அதன் வெப்ப எண் (specific heat) குறைவாக இருப்ப தால் அந்த வெப்பநிலையை அடைவதற்குப் பொருளிலிருந்து அதிக வெப்பத்தை அது எடுத்துக்கொள்வதில்லை.

5. அது ஒளிபுகாப் பொருளாயிருப்பதால் அதனைக் கண்ணாடிக் குழாயில் மிக எளிதில் காணலாம்.

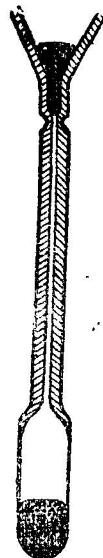
6. அது கண்ணாடியில் ஒட்டுவதில்லை.

7. அது தூய்மையான நிலையில் மிக எளிதில் கிடைக்கிறது.

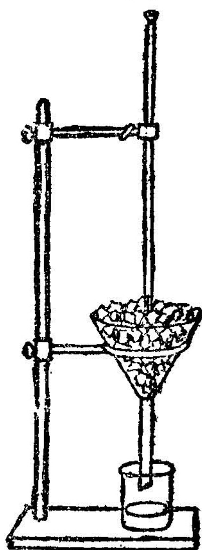
இனி வெப்பநிலைமானியை அமைக்கும் முறையைக் கவனிப்போம்.

தடித்த சுவர்களையுடைய, ஒரே சீரான குறுக்குப்பரப்பை யுடைய ஒரு நுண்குழாயின் (capillary tube) ஒரு முனையில் ஒரு நீண்ட குமிழையும், மற்றொரு முனையில் ஒரு புனலையும்

இணைத்துக்கொள்ள வேண்டும் [படம் 5.1]. அடுத்து, குழாயையும் குமிழையும் பாதரசத்தால் நிரப்ப வேண்டும். நுண்குழாய் வழியே பாதரசம் குமிழுக்குள் செல்லாது. எனவே, புனலை பாதரசத்தால் நிரப்பிக் கொண்டு குமிழைச் சிறிது சூடுபடுத்த வேண்டும். இதனால் அதனுள் உள்ள காற்று விரிவடைந்து பாதரசத்தின் வழியே வெளியேறும். குமிழை இப்போது குளிர்வித்தால் சிறிது பாதரசம் நுண்குழாயினுள் இறங்கும். இவ்வாறு மாறி மாறிக் குமிழைச் சூடுபடுத்தியும் குளிர்வித்தும் குமிழைப் பாதரசத்தால் நிரப்பியபின் அதனைக் கொதிநிலைக்குச் சூடேற்றினால் குமிழிலும் நுண்குழாயிலுமுள்ள காற்றைப் பாதரச ஆவி வெளியேற்றிவிடும். இப்போது குழாயையும் குமிழையும் குளிர்வித்தால் பாதரச ஆவி பாதரசமாக மாறும். எனவே, குமிழும் குழாயும் முழுவதுமாகப் பாதரசத்தால் நிரப்பப்படும். பின்னர் வெப்பநிலைமானியை அது அளவிடப்பட வேண்டிய பெரும வெப்பநிலைக்கு மேல் சிறிதளவு அதிக வெப்பநிலையையுடைய திரவத்தில் சுமார் கால் மணியளவு வைத்திருந்து, புனலுக்குச் சற்றுக் கீழே குழாயை ஊது குழாய்ச் சுவாலையின் (below pipe flame) உதவியால் மூடிவிட்டு, புனலையும் நீக்கிவிட வேண்டும்.



படம் 5.1

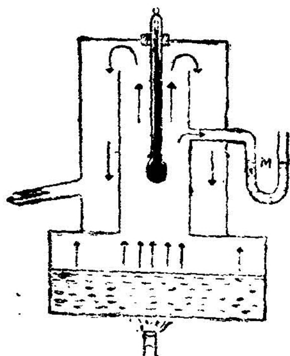


படம் 5.2

இனி, வெப்பநிலைமானியின் கீழ்த்திட்ட வரை, மேல்திட்ட வரை ஆகியவற்றைக் குறிக்கவேண்டும்.

**கீழ்த்திட்ட வரையைக் குறித்தல் :** ஒரு புனலில் தூய பனிக்கட்டித் தூளை நிரப்பிக் கொண்டு வெப்பநிலைமானியின் குமிழ் அதனுள் இருக்கும்படி வைக்கவேண்டும் [படம் 5.2]. வெப்பநிலைமானியின் நுண் குழாயில் பாதரச மட்டம் கீழே இறங்கி ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் நிலையாக நிற்கும். இப்போது பாதரசமட்டத்திற்கு நேராக ஓர் அடையாளமிட்டுக்கொள்ள வேண்டும். இந்த அடையாளம் கீழ்த்திட்ட வரையைக் குறிக்கும்.

**மேல்திட்ட வரையைக் குறித்தல் :** இதற்கு ஹிப்ஸாமீட்டர் (Hypsometer) என்னும் ஒரு கருவியைப் பயன் படுத்துகிறோம். இந்தக் கருவியைப் படம் 5.3–ல் காணலாம். இது ஓர் இரட்டைச் சுவர்களை யுடைய கொதிகலம். இதனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள அழுத்தமானி ($M$) நீராவியின் அழுத்தத்தைக் கொடுக்கிறது. வெப்பநிலைமானியின் குமிழும் நுண்குழாயின் பெரும் பகுதியும் நீராவிக்குள் இருக்கும்படி அதனை ஹிப்ஸாமீட்டருக்குள் வைக்கவேண்டும். குழாயினுள் பாதரசமட்டம் ஒரு நிலைக்கு வந்து நின்றவுடன் அதற்கு நேரே அடையாளமிட்டுக்கொள்ள வேண்டும். மேல்திட்ட வரை என்பது படித்தர வளி அழுத்தத்தில் நீரின் கொதிநிலையாகும். அதாவது, நீராவியின் அழுத்தம் 76 செ.மீ. பாதரச அழுத்தத்திற்குச் சமமாயிருந்தால் மேற் கூறப்பட்ட அடையாளம் மேல்திட்ட வரையைக் குறிக்கும். நீராவியின் அழுத்தம் 76 செ.மீ. பாதரசத்திற்கு மாறுபட் டிருப்பின் தக்க திருத்தம் செய்தபின்பே மேல்திட்ட வரையைக குறிக்க வேண்டும். நீராவியின் அழுத்தம் மாறுபடுவதற் கேற்ப நீரின் கொதிநிலை மாறுவதன் அளவு தெரிந்தால் (அழுத்தம் ஒரு செ.மீ. பாதரசம் அதிகமாகும்போது கொதிநிலை 0·37° செ.கி. அதிகமாகிறது). இத்திருத்தத்தை எளிதில் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.



படம் 5.3

**அளவுக் கூறுகள் குறித்தல்**

இதில் இரு முறைகள் உள்ளன. ஒன்று சென்டிகிரேடு முறை; மற்றொன்று ஃபாரன்ஹீட் முறை.

சென்டிகிரேடு முறையில் கீழ்த்திட்ட வரையைச் சுழி யாகவும், மேல்திட்ட வரையை 100 ஆகவும் வைத்துக்கொண்டு இரு திட்டவரைகளுக்கு மிடையேயுள்ள நீளம் 100 சமபகுதிக ளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு பகுதியும் ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு (1°செ.கி.—1° C) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

ஃபாரன்ஹீட் முறையில் கீழ்த்திட்ட வரையை 32 என்றும், மேல்திட்ட வரையை 212 என்றும் வைத்துக்கொண்டு

இரண்டிற்குமிடையேயுள்ள நீளம் 180 சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு பகுதியும் ஒருடிகிரி ஃபாரன்ஹீட் (1°F) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

**இரு அளவு முறைகளுக்குமுள்ள தொடர்பு**

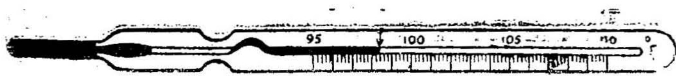
ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை சென்டிகிரேடு முறையில் C ஆகவும், ஃபாரன்ஹீட் முறையில் F ஆகவும் கொள்வோமாளுல் அவை யிரண்டையும்,

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} \qquad \text{(ச.5.1)}$$

என்னும் சமன்பாட்டால் இணைக்கலாம். சமன்பாட்டில் C–ன் மதிப்புத் தெரிந்தால் F-ன் மதிப்பையும், F-ன் மதிப்புத் தெரிந்தால் C-ன் மதிப்பையும் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

**மருத்துவ வெப்பநிலைமானி** (Clinical thermometer)

இது மனித உடலின் வெப்பநிலையைக் காணப் பயன்படும் தனிச் சிறப்புவாய்ந்த வெப்பநிலைமானியாகும். சோதனைச் சாலைகளில் பயன்படும் வெப்பநிலைமானிகளில், வெப்பநிலை காண வேண்டிய பொருளோடு அவை தொடர்பு கொண்டிருக்கும்போதே வெப்பநிலையைக் காண வேண்டும். பொருளைவிட்டு எடுத்துவிட்டால் வெப்பநிலை அளவீடு மாறிவிடும். ஆளுல், மருத்துவ வெப்பநிலைமானியில் மனித உடலைவிட்டு எடுத்த பின்பும் வெப்பநிலை அளவீடு மாருமலிருக்க ஒரு சிறப்பு அமைப்பு உள்ளது. இதில் குமிழுக்குச்சிறிது மேலே நுண்குழாயில் ஓர் இடுக்கு (Constriction) இருக்கிறது.




படம் 5.4

[படம் 5.4]. வெப்பநிலைமானியை நோயாளியின் உடம்பில் வைக்கும்போது குமிழிலுள்ள பாதரசம் விரிவடைவதால் இடுக்கைக் கடந்து செல்லுகிறது. எனவே, நுண்குழாயில் பாதரச மட்டம் மேலேறுகிறது. ஆளுல், வெப்பநிலைமானியை நோயாளியின் உடம்பிலிருந்து எடுத்தவுடன் இடுக்கிற்குக் கீழே பாதரசம் செல்ல முடிவதில்லை. எனவே, அதற்கு மேலேயுள்ள பாதரசம் அப்படியே நின்றுவிடுகிறது. இதளுல், வெப்பநிலையை ஓய்வாகப் பார்த்துக்கொள்ளலாம். வெப்பநிலைமானியை நன்ருகக் குலுக்குவதன் மூலம்

குழாயிலுள்ள பாதரசத்தைத் திரும்பவும் குமிழுக்குள் செலுத்திவிடலாம்.

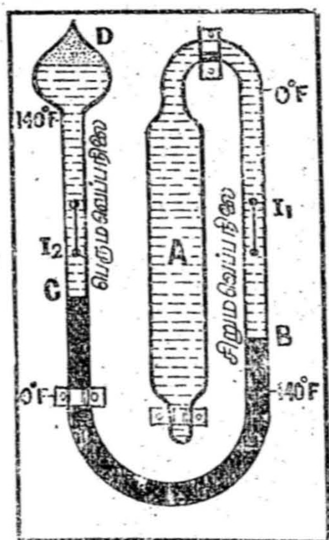
இதன் மற்றச் சிறப்பு அம்சங்களாவன:

1. மனித உடலின் இயல்பான வெப்பநிலையான 98·4°F அம்புக் குறியால் காட்டப்பட்டிருக்கிறது.

2. மனித உடலின் வெப்பநிலை 95°-Fக்குக் கீழ் அல்லது 110°F-க்கு மேல் செல்லுவது அரிது ஆகையால் இந்த வெப்ப நிலைமானியில் இந்த இரு வெப்பநிலைகளுக்கு மிடையேயுள்ள அளவுக் கூறுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மேலும், வெப்ப நிலையை 0·2°-Fக்குத் துல்லியமாக அளவிடலாம்.

**சிக்ஸின் பெரும, சிறும வெப்பநிலைமானி** (Six's Maximum, Minimum thermometer)

குறிப்பிட்ட கால இடைவெளிக்குள் அடையும் பெரும வெப்பநிலையையும், சிறும வெப்பநிலையையும் இந்த வெப்பநிலை மானி தானே பதிவு செய்யும். இதன் அமைப்பைப் படம் 5·5-ல் காணலாம். U வடிவில் வளைக்கப்பட்ட *BC* என்ற




(i)



(ii)

படம் 5·5

ஒரு நுண்குழாயின் இரு புயங்களின் முனைகளில் *A* என்ற ஒரு நீண்ட குமிழும் பம்பர வடிவுடைய *D* என்ற ஒரு குமிழும்

இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. $A$ என்ற குமிழ் முழுவதையும், $B$ குமிழின் பகுதியையும் U வடிவக் குழாயின் $B$, $C$ புயங்களின் மேற்பகுதிகளையும் ஆல்கஹால் நிரப்பியுள்ளது. புயங்களின் கீழ்ப்பகுதி பாதரசத்தால் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது. இரு புயங்களிலுமுள்ள $B$, $C$ என்ற பாதரச மட்டங்களுக்குமேல் முறையே $I_1$, $I_2$ என்ற இரு எஃகு குறிகாட்டிகள் (indices) மிதக்கின்றன. ஒவ்வொரு குறிகாட்டியிலுமுள்ள ஒரு வில் அமைப்புக் குழாயின் சுவர்களை அழுத்திக் கொண்டிருக்கிறது. இதனால் அவை தானாகவே குழாயினுள் கீழே இறங்க முடிவதில்லை. $B$ புயத்தில் வெப்பநிலை அளவுகள் மேலிருந்து கீழும், $C$ புயத்தில் கீழிருந்து மேலுமாகக் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

இனி, வெப்பநிலைமானி செயலாற்றும் வகையைக் கவனிப்போம். சுற்றுப்புற வெப்பநிலை அதிகமாகும்போது $A$-ல் உள்ள ஆல்கஹால் விரிவடைந்துபாதரசத்தின் $B$ மட்டத்தைக் கீழே தள்ளுவதால் $C$ மட்டம் உயருகிறது. எனவே, $I_2$ என்ற குறிகாட்டியும் மேலே தள்ளப்படுகிறது. சுற்றுப்புற வெப்பநிலை குறையும்போது $A$-ல் உள்ள ஆல்கஹால் சுருங்குவதால் பாதரசத்தின் $B$ மட்டம் மேலே ஏறி $C$ மட்டம் கீழே இறங்கும். இவ்வாறு $C$ மட்டம் கீழிறங்குவதால் $I_2$ கீழே இறங்குவதில்லை. $B$ மட்டம் மேலே ஏறுவதால் திரும்பவும் வெப்பநிலை உயரும் வரை $I_1$ என்ற குறிகாட்டி மேலே தள்ளப்படுகிறது. $I_1$, $I_2$ என்ற குறிகாட்டிகளின் கீழ்முனைக்கு நேராக உள்ள அளவீடுகள் முறையே சிறும வெப்பநிலையையும் பெரும வெப்பநிலையையும் தருகின்றன. குறிகாட்டிகளை ஒரு காந்தச் சட்டத்தின் உதவியால் திரும்பவும் பாதரச மட்டங்களுக்குக் கொண்டு வரலாம்.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

(1) மனித உடலின் இயல்பான வெப்பநிலையை சென்டிகிரேடு முறையில் தருக.

**விடை :** மனித உடலின் இயல்பான வெப்பநிலை 98·4°F. சென்டிகிரேடு முறையில் அதன் மதிப்பு C எனக் கொள்வோம். இரு முறையில் வெப்பநிலைகளுக் கிடையேயுள்ள தொடர்பு

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180}$$

இங்கு, F = 98.4; C = ?

$$\therefore \frac{C}{100} = \frac{98 \cdot 4 - 32}{180}$$

$$= \frac{66{\cdot}4}{180}$$

$$C = 66{\cdot}4 \times \frac{100}{180}$$

$$= 36{\cdot}88^{\circ}$$

எனவே, மனித உடலின் இயல்பான வெப்பநிலை $36{\cdot}88^{\circ}C$.

(2) ஓர் இடத்தில் நீரின் கொதிநிலை $92^{\circ}C$. அவ்விடத்தில் நீரின் கொதிநிலையை ஃபாரன்ஹீட் முறையில் தருக.

**விடை:** இங்கு $C = 92$; $F = ?$

$$\frac{F - 32}{180} = \frac{C}{100}$$

$$\frac{F - 32}{180} = \frac{92}{100}$$

$$F - 32 = \frac{92 \times 180}{100}$$

$$= 165{\cdot}6$$

$$F = 165{\cdot}6 + 32$$

$$= 197{\cdot}6$$

நீரின் கொதிநிலை $= 197{\cdot}6^{\circ}F$.

## வினாக்கள்

(1) வெப்பம், வெப்பநிலை ஆகியவற்றை வேறுபடுத்திக் காட்டுக. சோதனைச் சாலைகளில் பயன்படும் வெப்பநிலை மானியை எவ்வாறு அமைப்பது என்பதைச் சுருக்கமாகக் கூறுக.

(2) மருத்துவ வெப்பநிலைமானி, சிக்ஸின் பெரும, சிறும வெப்பநிலைமானி ஆகியவற்றைப்பற்றிச் சிறு குறிப்பு வரைக.

(3) கீழ்க்காணும் வெப்பநிலைகளைச் சென்டிகிரேடு முறைக்கு மாற்றுக.

(*a*) $144^{\circ}F$ (*b*) $104^{\circ}F$ (*c*) $-40^{\circ}F$

[$80^{\circ}C$, $40^{\circ}C$, $-40^{\circ}C$]

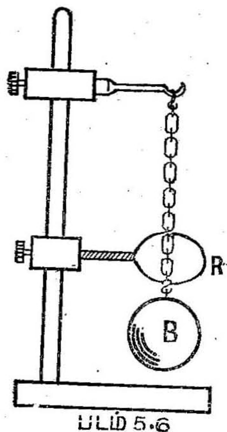
(4) கீழ்க்காணும் வெப்பநிலைகளை ஃபாரன்ஹீட் முறைக்கு மாற்றுக.

(*a*) $-10^{\circ}C$ (*b*) $50^{\circ}C$ (*c*) $120^{\circ}C$

[$14^{\circ}F$, $122^{\circ}F$, $248^{\circ}F$]

## வெப்பமும் பொருள்களின் பெருக்கமும்

ஒரு பொருளைச் சூடாக்கும்போது அதன் வெப்பநிலை மாறுபாட்டையடுத்து எளிதில் உணரத்தக்கது அதன் பெருக்கமாகும். திடப்பொருள்கள் பெருக்கமடைவதைக் 'கோளமும் வளையமும்' என்ற ஒரு கருவியைக் கொண்டு எளிதில் விளக்கலாம். இக் கருவியில் $B$ என்ற கோளமும், அது சற்றே நுழைந்து செல்லக்கூடிய $R$ என்ற ஒரு வளையமும் உள்ளன [படம் 5·6]. கோளம் சிறிது நேரம் சூடாக்கப்பட்டால் வளையத்தின் வழியே அது செல்ல முடிவதில்லை. திரும்பவும் குளிர்வித்தால் அது வளையத்தினூடே செல்லுவதைக் காணலாம்.



படம் 5·6

திரவப் பொருள்கள் திடப்பொருள்களைவிட அதிகமாகவும், வாயுப் பொருள்கள் திரவப்பொருள்களை விட அதிகமாகவும் பெருக்கமடைகின்றன. இப்போது திடப்பொருள்களின் பெருக்கத்தைப் பற்றிக் காண்போம்.

திடப் பொருள்களுக்கு மூவகை பெருக்கங்கள் உண்டு. அவையாவன: நீளப் பெருக்கம், பரப்புப் பெருக்கம், பருமப் பெருக்கம்.

### திடப்பொருள்களின் நீளப் பெருக்கம் (linear expansion)

தண்டு வடிவிலுள்ள ஒரு திடப்பொருள் சூடாக்கப்படும்போது அதன் நீளத்தில் ஏற்படும் மாறுதலை நீளப்பெருக்கம் என அழைக்கிறோம்.

### திடப்பொருளின் நீளப் பெருக்க எண் (Coefficient of linear expansion)

ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளமுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்தும்போது அதன் நீளத்தில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு அப் பொருளின் நீளப் பெருக்க எண் எனப்படும்.

$\theta_1$°C வெப்பநிலையில் $l_1$ செ. மீ. நீளமுள்ள ஒரு தண்டைக் கருதுவோம். அதன் வெப்பநிலை $\theta_2$°C-க்கு உயர்த்தப்படும்போது அதன் நீளம் $l_2$ செ.மீ. எனக் கொள்வோம்.

அதன் நீளத்தில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு $= l_2 - l_1$

அதன் வெப்பநிலையில் ஏற்படும் உயர்வு $= \theta_2 - \theta_1$

தொடக்க நீளம் $l_1$ கொண்ட ஒரு தண்டின் வெப்பநிலை $(\theta_2-\theta_1)°C$ உயரும்போது அதன் நீளத்தில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு $= (l_2-l_1)$.

எனவே, 1 செ.மீ. நீளமுள்ள தண்டின் வெப்பநிலை 1°C உயரும்போது அதன் நீளத்தில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு

$$= \frac{l_2-l_1}{l_1(\theta_2-\theta_1)}$$

அதாவது,

$$\text{நீளப்பெருக்க எண் } (a) = \frac{l_2-l_1}{l_1(\theta_2-\theta_1)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ச.5.2}$$

$$= \frac{\text{நீள மிகுதிப்பாடு}}{\text{தொடக்க நீளம்} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

இனி, ச. 5.2-ல் $(\theta_2-\theta_1) = \theta$ எனக் கொள்வோமானால்

$$a = \frac{l_2-l_1}{l_1 \times \theta}$$

அல்லது $a\, l_1\, \theta = l_2 - l_1$

அதாவது, நீள மிகுதிப்பாடு $= l_1 a\, \theta$

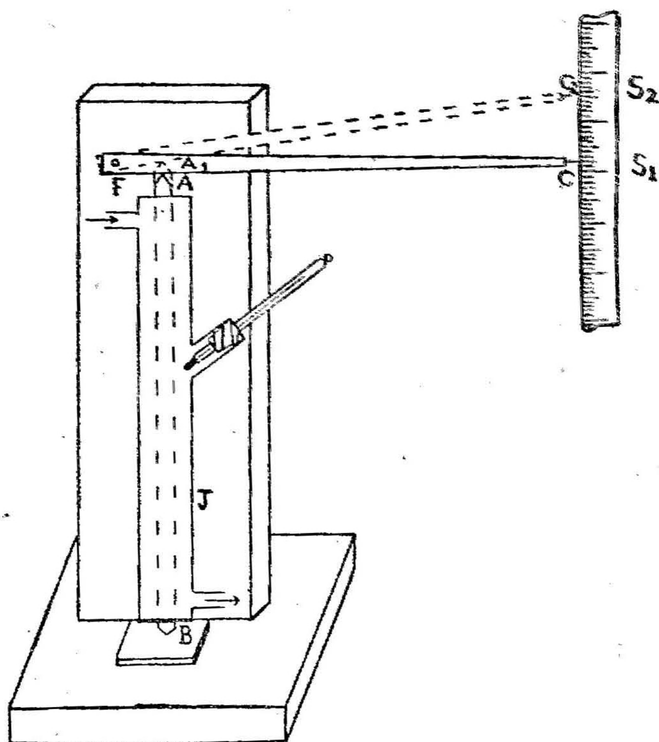
மேலும் $l_2 = l_1 + l_1 a\theta$

அல்லது $l_2 = l_1(1+a\theta) \ldots\ldots\ldots$ ச.5.3

## ஒரு பொருளின் நீளப்பெருக்க எண்ணைக் காண்பதற்கான சோதனை

சோதனைக்கான கருவியைப்படம் 5.7-ல் காணலாம். நீளப் பெருக்க எண் காணப்பட வேண்டிய பொருளாலான, 1 மீட்டர் நீளமும் சுமார் 8 மி.மீ. விட்டமும் கொண்ட ஒரு தண்டு $(AB)$ செங்குத்தாயமைந்த உருளை வடிவ உலோக உறை $(J)$ ஒன்றினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. உறையின் மேற்பகுதியிலும் கீழ்ப்பகுதியிலும் பக்கக்குழாய்கள் உள்ளன. இவற்றுள் ஒன்றின் வழியாக நீராவி உட்சென்று மற்றதின் வழியாக வெளியேறுகிறது. இவற்றையன்றி நடுவில் உள்ள மற்றொரு பக்கக்குழாயின் வழியாக ஒரு வெப்பநிலைமானியைப் $(T)$ பொருத்தலாம். உறையைத் தாங்கி நிற்கும் தாங்கியின் அடித்தளத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு சிறு கண்ணாடித் துண்டின்மீது உறையினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும் தண்டின் கீழ்முனை அமர்ந்திருக்கிறது. சுமார் ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள நெம்புகோல் $(FAC)$ ஒன்று தண்டின் மேல்முனையில் நிறுத்தப்பட்டுத் தண்டின் மேல்முனைக்கு அருகே தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஆதாரத்தானத்தைப் $(F)$ பற்றி இயங்கக்

கூடியதாயிருக்கிறது. நெம்புகோலின் மறுமுனை ($C$) செங்குத்தாயமைக்கப்பட்ட ஓர் அளவுகோலின்மீது நகருகிறது.



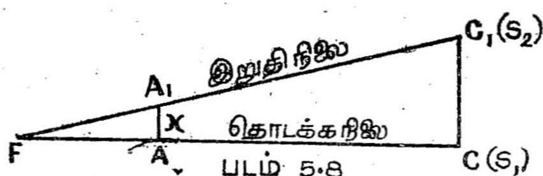

படம் 5.7

சோதனையின் முதல் கட்டமாக, தண்டின் நீளத்தைக் ($L$) குறித்துக்கொண்டபின் அதனை உறையினுள் வைக்க வேண்டும். வெப்பநிலைமானியை அதற்கென உள்ள பக்கக் குழாயின் வழியாக அதன் குமிழ் தண்டைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறு வைத்துத் தண்டின் தொடக்க வெப்பநிலையை ($\theta_1$°C) குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். நெம்புகோலில், ஆதாரத்தானத்திற்கும் தண்டு அதைத் தொடுமிடத்திற்கும் இடையேயுள்ள தொலைவையும் ($FA$), ஆதாரத்தானத்திற்கும் அளவுகோலில் நகரும் முனைக்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தையும் ($FC$) அளந்துகொள்ள வேண்டும். அளவுகோலில் $C$ முனை காட்டும் தொடக்க அளவீட்டையும் ($S_1$) குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

அடுத்து, கொதிகலம்ஒன்றில் உருவாக்கப்படும் நீராவியை உறையின் வழியாகச் செலுத்தித் தண்டைச் சூடாக்க வேண்டும். இதனுல், தண்டு பெருக்கமடைந்து நெம்புகோலே மேல்நோக்கித் தள்ளுவதால் அதன் முனே அளவுகோலின்மீது நகருகிறது. தண்டு முழுதும் பெருக்கமடையும்வரை அதைச் சூடாக்கியபின் (தண்டு முழுதும் பெருக்கமடைந்ததை நெம்பு கோலின் முனே ஒரு நிலேயில் அசையாமல் இருப்பதைக் கொண்டு அறியலாம்.) அதன் இறுதி வெப்பநிலேயையும் ($\theta_2$°C) நெம்புகோல் முனேயின் இறுதி அளவீட்டையும் ($S_2$) குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

இனி, நெம்புகோலின் தொடக்க நிலேயையும் இறுதி நிலேயையும் காட்டும் படம் 5.8ஐ எடுத்துக்கொள்வோம்.

அதில் $AA_1$ என்பது தண்டின் விரிவைக் கொடுக்கிறது.



படம் 5.8

$FAA_1$, $FCC_1$ என்ற இரு முக்கோணங்களும் வடிவொத்த முக்கோணங்களாதலால்,

$$\frac{AA_1}{FA} = \frac{CC_1}{FC}$$

அல்லது $AA_1 = CC_1 \times \frac{FA}{FC}$

ஆனுல், $CC_1 = S_1, S_2$ ஆகிய அளவீடுகளின் வேறுபாடு
$= S_1 \backsim S_2$

எனவே, தண்டின் நீளமிகுதிப்பாடு$(AA_1) = \frac{FA}{FC} \times (S_1 \backsim S_2)$
$= x$

$$\text{தண்டுப்பொருளின் நீளப்பெருக்க எண் } (a) = \frac{\text{நீள மிகுதிப்பாடு}}{\text{தொடக்க நீளம்} \times \text{வெப்பநிலே உயர்வு}}$$

$$a = \frac{x}{L \times (\theta_2 - \theta_1)}$$

**பரப்புப் பெருக்கம்** (Superficial or Areal expansion)

தகட்டு வடிவிலுள்ள ஒரு பொருள் சூடாக்கப்படும் போது அதன் பரப்பளவு அதிகமாகிறது. இந்தப் பரப்பளவு மிகுதிப்பாட்டைப் பரப்புப்பெருக்கம் என்று அழைக்கிறேம்.

**பரப்புப் பெருக்க எண்** (Coefficient of superficial expansion)

ஓர் அலகு பரப்பளவுள்ள, தகட்டு வடிவிலுள்ள, ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயரும் போது அதன் பரப்பளவில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு அப் பொருளின் பரப்புப் பெருக்க எண் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

$\theta_1$°C வெப்பநிலையில் $A_1$ சதுர செ.மீ. பரப்பளவுள்ள ஒரு தகட்டைக் கருதுவோம். அதன் வெப்பநிலை $\theta_2$°C-க்கு உயர்த்தப்படும்போது அதன் பரப்பளவு $A_2$ என்று ஆகும்.

அதன் பரப்பளவில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு $= A_2 - A_1$
வெப்பநிலை உயர்வு $= \theta_2 - \theta_1$

$A_1$ சதுர சென்டி மீட்டர் தொடக்கப் பரப்பளவு கொண்ட தகட்டின் வெப்பநிலை $(\theta_2 - \theta_1)$°C உயரும்போது அதன் பரப்பளவில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு $= A_2 - A_1$.

எனவே, 1ச.செ.மீ. பரப்பளவுள்ள தகட்டின் வெப்பநிலை 1°C உயரும்போது அதன் பரப்பளவில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு

$$= \frac{A_2 - A_1}{A_1(\theta_2 - \theta_1)}.$$

எனவே, அதன் பரப்புப் பெருக்க எண்

$$\beta = \frac{A_2 - A_1}{A_1(\theta_2 - \theta_1)} \quad \text{......... ச. 5.4}$$

$$= \frac{\text{பரப்பளவு மிகுதிப்பாடு}}{\text{தொடக்கப்பரப்பளவு} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

மேலும், $(\theta_2 - \theta_1) = \theta$ ஆனால்

$$A_2 = A_1 [1 + \beta\,\theta] \quad \text{......... ச. 5.5}$$

**பரப்புப் பெருக்க எண்ணும் நீளப்பெருக்க எண்ணும்**

$\theta$° செ.கி. வெப்பநிலையில் ஒரு செ.மீ. பக்கமுள்ள ஒரு சதுரமான தகட்டைக் கருதுவோம். நீளப் பெருக்க எண் $\alpha$ ஆகவும், பரப்புப் பெருக்க எண் $\beta$ ஆகவும் உள்ள பொருளால் தகடு ஆக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். அதன் வெப்பநிலை 1°C உயரும்போது தகட்டின் ஒவ்வொரு பக்கமும் $1 \times \alpha$ நீளம் உடையதாக இருக்கும். எனவே,

$\theta$° செ.கி. வெப்பநிலையில் அதன் பரப்பளவு $(A_1) = 1 \times 1$
$= 1$ ச.செ.மீ.

$(\theta + 1)$ °C வெப்பநிலையில் அதன் பரப்பளவு

$(A_2) = (1 + \alpha)^2 = 1 + 2\alpha$.

($a$-ன் மதிப்பை ஒப்புநோக்கின் $a^2$-ன் மதிப்பு மிகச் சிறியதாயிருப்பதால் $a^2$ புறக்கணிக்கப்பட்டது).

$$\therefore \text{ பரப்புப் பெருக்க எண் } \beta = \frac{A_2 - A_1}{A_1(\theta_2 - \theta_1)}$$

$$= \frac{1 + 2a - 1}{1 \times 1}$$

$$= 2a$$

எனவே, பரப்புப் பெருக்க எண் நீளப் பெருக்க எண்ணைப் போல் இரு மடங்காகும்.

**பருமப் பெருக்கம்** (Cubical or volume expansion)

ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை உயரும்போது அதன் பருமன் அதிகமாகிறது. இந்தப் பரும மிகுதிப்பாட்டைப் பருமப் பெருக்கம் என அழைக்கிறோம்.

**பருமப் பெருக்க எண்** (Coefficient of volume expansion)

**ஓர் அலகு பருமனுள்ள ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயரும்போது அதன் பருமனில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு அப் பொருளின் பருமப் பெருக்க எண் எனப்படும்.**

$\theta_1$°C வெப்பநிலையில் $V_1$ க.செ.மீ. பருமனுள்ள ஒரு பொருளை $\theta_2$°C வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்குவதாகக் கொள்வோம். $\theta_2$°C வெப்பநிலையில் அதன் பருமன் $V_2$ க.செ.மீ. ஆக இருக்கட்டும்.

தொடக்கப் பருமன் $V_1$ க.செ.மீ. உள்ள ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை $(\theta_2 - \theta_1)$°C உயரும்போது அதன் பருமனில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு $= V_2 - V_1$.

எனவே, 1 க.செ.மீ. பருமனுள்ள ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை 1°C உயரும்போது அதன் பருமனில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு $= \frac{V_2 - V_1}{V_1(\theta_2 - \theta_1)}$

அதாவது, பொருளின் பருமப் பெருக்க எண் ($\gamma$)

$$= \frac{V_2 - V_1}{V_1(\theta_2 - \theta_1)} \quad \text{......ச.5.6}$$

$$= \frac{\text{பரும மிகுதிப்பாடு}}{\text{தொடக்கப் பருமன்} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

மேலும், $(\theta_2-\theta_1)=\theta$ என்ருல்

$$V_2=V_1(1+\gamma\theta) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots ச.5.7$$

**பருமப் பெருக்க எண்ணும் நீளப் பெருக்க எண்ணும்**

$\theta$°C வெப்பநிலையில் 1 செ·மீ. பக்கமுள்ள கன சதுர வடிவிலுள்ள ஒரு பொருளை எடுத்துக்கொள்வோம். பொருளின் பருமப் பெருக்க எண் $\gamma$ ஆகவும், நீளப் பெருக்க எண் $a$ ஆகவும் இருக்கட்டும். அதன் வெப்பநிலை 1°C உயரும் போது அதன் பக்கங்களின் நீளம் $(1+a)$ ஆக உயரும்.

எனவே,

$\theta$°C வெப்பநிலையில் பருமன் $(V_1)$

$$= 1 \times 1 \times 1 = 1 \text{ க.செ.மீ.}$$

$(\theta+1)$°C வெப்பநிலையில் பருமன் $(V_2)$

$$= (1+a)^3$$
$$= 1+3a$$

($a^2$, $a^3$ ஆகியவை $a$ஐ ஒப்புநோக்க மிகச் சிறியனவாயிருக்குமாதலால் புறக்கணிக்கப்பட்டன)

எனவே, பருமப் பெருக்க எண் $\gamma=\dfrac{V_2-V_1}{V_1\,(\theta_2-\theta_1)}$

$$=\frac{1+3a-1}{1\times 1.}$$
$$=3a$$

அதாவது, பருமப் பெருக்க எண் நீளப் பெருக்க எண்ணைப் போல் மூன்று மடங்காகும்.

இவ்வாறு மூன்று பெருக்க எண்களுக்கும் தொடர்பு இருப்பதால் ஒன்றைக் காண்பதன் மூலம் மற்றவற்றின் மதிப்புகளைப் பெறலாம். பொதுவாக, சோதனைச் சாலைகளில் ஒரு பொருளின் நீளப் பெருக்க எண்ணையே கணக்கிடுகிருேம்.

ஒரு பொருளின் பருமப் பெருக்கத்தைப் பற்றிய மேற்காணும் விவாதம் கொள்கலங்களின் கொள்அளவிற்கும் பொருந்தும்.

**வெப்பநிலையும் அடர்த்தியும்**

குறிப்பிட்ட நிறையைக் கொண்ட ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை மாறும்போது அதன் பருமன் மாறுவதால் அடர்த்தியும் மாறுபடுகிறது.

$\theta_1$°C வெப்பநிலையில் $V_1$ க.செ.மீ. பருமன், $d_1$ அலகு அடர்த்தியுள்ள $m$ அலகு நிறை கொண்ட ஒரு பொருளை $\theta_2$°C வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்குவதாகக் கொள்வோம். $\theta_2$°C வெப்பநிலையில் அதன் பருமன் $V_2$ க.செ.மீ. ஆகவும், அடர்த்தி $d_2$ அலகாகவும் இருக்கட்டும். வெப்பநிலை மாறுபாட்டால் நிறை மாறுவதில்லை யாதலால்,

$$m = V_1 d_1 = V_2 d_2$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

ஆனால், $$V_2 = V_1 (1+\gamma\theta)$$

அல்லது $$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{1+\gamma\theta}$$

$$\therefore \quad \frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{1+\gamma\theta}$$

$\gamma$-ன் மதிப்பு மிகச் சிறியதாகையால்

$$\frac{d_2}{d_1} = (1-\gamma\theta)$$

அல்லது, $$d_2 = d_1 (1-\gamma\theta) \qquad \text{......ச.5.8}$$

## திடப்பொருள்களின் பெருக்கத்தின் விளைவுகளும் பயன்களும்

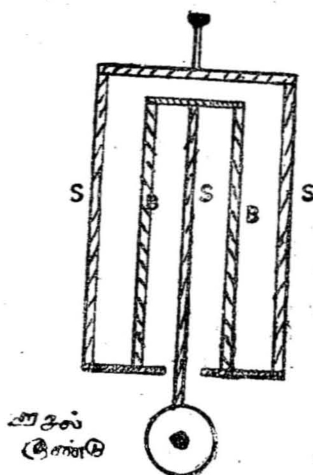
இருப்புப்பாதையில் அடுத்தடுத்த இரு தண்டவாளங்களுக்கிடையே சிறிது இடைவெளி விட்டு அவை பொருத்தப்பட்டிருப்பதைக்காணலாம். இடைவெளி இல்லையெனில் கோடைக் காலங்களில் தண்டவாளங்கள் பெருக்கமடைந்து மேல்நோக்கி வளைந்து ரயில் வண்டிகளின் போக்குவரத்துக்கு இடையூறு விளைவிக்கும். அவ்வாறே இருப்புப் பாலங்களில் அடுத்தடுத்த தூலங்களுக்கிடையே இடைவெளி விட்டுப் பொருத்த வேண்டும்.

தந்திக் கம்பிகள் கோடைக் காலங்களில் பெருக்கமடைவதாலும், குளிர்காலங்களில் சுருங்குவதாலும் கோடைக்காலங்களில் அமைக்கப்படும் தந்திக்கம்பிகளின் நீளம் குளிர்காலங்களில் அவை சுருங்குவதால் அறுந்துவிடாமல் இருக்கும்படி அமைக்கப்படவேண்டும்.

உலோக ஊசல்கள் பொருத்தப்பட்ட கடிகாரங்கள், கோடைக் காலங்களில் ஊசலின் நீளம் அதிகமாவதால் மெதுவாகவும், குளிர்காலங்களில் நீளம் குறைவதால் வேகமாகவும் செல்லுகின்றன. கடிகாரங்களில் ஈடு செய்யப்பட்ட (compensated) ஊசல்களைப் பொருத்துவதால் இவைகளைத் தவிர்க்கலாம்.

**ஹாரிஸனின் ஈடு செய்யப்பட்ட ஊசல்** (Harrison's compensated pendulum)

வழக்கில் அதிகமாகப் பயன்படும் இதனைச் சட்டத் தொகுப்பு (Grid iron) ஊசல் என்றும் அழைக்கலாம். இதில் எஃகு மற்றும் பித்தளைத் தண்டுகளால் ஆன வரிச்சட்டம் ஒன்று இருக்கிறது [படம் 5.9]. எஃகு தண்டுகள் கீழ்நோக்கி பெருக்கமடையுமாறும், பித்தளைத் தண்டுகள் மேல்நோக்கிப் பெருக்கமடையுமாறும் அமைந்திருக்கின்றன. மேலும், எஃகு தண்டுகளின் பெருக்கமும், பித்தளைத் தண்டுகளின் பெருக்கமும் ஒரே அளவாயிருக்குமாறு அவைகளின் நீளங்கள் கணக்கிடப்பட்டு அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. எஃகு தண்டுகளின் கீழ்நோக்கிய பெருக்கம் பித்தளைத் தண்டுகளின் மேல் நோக்கிய பெருக்கத்தால் ஈடு செய்யப்படுவதால் இத்தகைய ஊசல்களின் நீளம் மாறுபடுவதில்லை. எனவே, அத்தகைய ஊசல்கள் பொருத்தப்பட்ட கடிகாரங்கள் சரியான நேரத்தையே எப்போதும் காட்டும்.

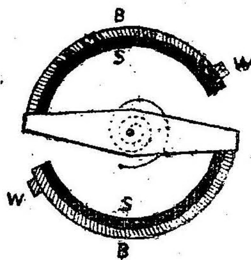



படம் 5.9
S : எஃகு;
B : பித்தளை

கைக்கடிகாரங்களிலும் மேசைக் கடிகாரங்களிலும் ஊசலுக்குப் பதில் துடிப்பியக்கச் சக்கரம் (balance wheel) என்னும் அமைப்பு உள்ளது. வெப்பநிலை அதிகமாகும்போது துடிப்பியக்கச் சக்கரத்தின் ஆரம் அதிகமாவதாலும், அதனுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் நுண்ணிழைச் சுருள்வில் தளர்ந்து விடுவதாலும் சக்கரத்தின் அலைவு நேரம் அதிகமாகும். எனவே, கடிகாரம் மெதுவாகச் செல்லும். இதனைத் தவிர்க்க ஈடுசெய்யப்பட்டத் துடிப்பியக்கச் சக்கரத்தைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

ஈடு செய்யப்பட்ட சக்கரத்தின் அமைப்பைப் படம் 5.10-ல் காணலாம். சக்கரத்தின் விளிம்பு இரண்டு அல்லது மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஒவ்வொரு பகுதியும் வெவ்வேறு உலோகங்களாலான இரு துண்டுகளை ஒன்ருகப்

பொருத்திச் செய்யப்பட்டிருக்கிறது. வழக்கமாக, அதிக நீளப் பெருக்க எண் கொண்ட உலோகத் துண்டு (பித்தளைத் துண்டு) விளிம்பின் வெளிப்புறத்திலும், குறைந்த நீளப்பெருக்க எண் கொண்ட உலோகத் துண்டு (எஃகு துண்டு) விளிம்பின் உட்புறத்திலும் இருக்குமாறு பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. மேலும், ஒவ்வொரு பகுதியிலும் கணிசமான ஒரு எடை பொருத்தப்பட்டிருக்கும். வெப்பநிலை அதிகமாகும்போது உலோகத் துண்டுகளின் வேறுபட்ட பெருக்கத்தின் காரணமாக ஒவ்வொரு பகுதியும் சக்கரத்தின் மையத்தை நோக்கி வளைகின்றன. எனவே, அவற்றின் ஆரம் அதிகமாவதில்லை.



படம் 5.10
S : எஃகு;
B : பித்தளை

எடைகளின் மதிப்பைச் சரியாக அமைப்பதன்மூலம், சக்கரத்தின் ஆரம் அதிகமாவதாலும், சுருள்வில் தளர்வதாலும் அதிகமாகும் அலைவு நேரத்தை ஈடு செய்ய முடியும்.

பொருள்களின் பெருக்கத்தைப் பயன்படுத்தி வண்டிச் சக்கரங்களின் விளிம்புகளில் இரும்புப் பட்டைகளைப் பொருத்துகிறார்கள். பட்டையின் நீளம் சக்கரத்தின் பரிதியை விடச் சற்றுக் குறைவாக இருக்கும்படி செய்யப்படுகிறது. பின்னர் அது சூடாக்கப்பட்டுச் சக்கரத்தில் பொருத்தியபின் குளிர்விக்கப்படுகிறது. இதனால் பட்டை சுருங்கிச் சக்கரத்தைக் கெட்டியாகப் பிடித்துக் கொள்ளுகிறது.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 12 மீட்டர் நீளமுள்ள எஃகு தண்டவாளங்களால் ஒரு ரயில்பாதை அமைக்கப்படுகிறது. ரயில்பாதை அமைக்குமிடத்தில் ஏற்படும் வெப்பநிலை மாறுபாட்டின் பெரும மதிப்பு 15°C என்றால் அடுத்தடுத்த இரு தண்டவாளங்களுக்குமிடையே அமைக்கப்படவேண்டிய இடைவெளி என்ன? (எஃகின் நீளப் பெருக்க எண் = ·000012)

**விடை :** தண்டவாளம் ஒவ்வொன்றும் அதன் இரு பக்கங்களிலும் பெருக்கமடையுமாதலால் அடுத்தடுத்த இரு தண்டவாளங்களுக்கிடையே அவை ஒவ்வொன்றின் நீள மிகுதிப்பாட்டிற்கும் சமமான இடைவெளி அமைக்கவேண்டும்.

எஃகின் நீளப்பெருக்க எண் 0·000012 ஆதலால், 1 செ.மீ. நீளமுள்ள தண்டவாளத்தின் வெப்பநிலை 1°C உயரும்போது அதன் நீளத்தில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாடு = 0·000012.

∴ 12 மீட்டர் நீளமுள்ள தண்டவாளத்தின் வெப்பநிலை 14° செ·கி. உயரும்போது ஏற்படும் நீளமிகுதிப்பாடு

$= 1200 \times 15 \times 0.000012$

$= 0·216$ செ.மீ.

எனவே, அடுத்தடுத்த தண்டவாளங்களுக்கிடையே அமைக்கப்பட வேண்டிய சிறும இடைவெளி = ·216 செ.மீ.

2. பித்தளையால் ஆன அளவுகோல் ஒன்றில் 0°C வெப்ப நிலையில் அளவுக்கூறுகள் குறிக்கப்படுகின்றன. 20°C வெப்ப நிலையில் அந்த அளவுகோலின் உதவியால் ஒரு பொருளின் நீளம் 50 செ.மீ. என அளவிடப்படின் அதன் உண்மையான நீளம் என்ன? [பித்தளையின் நீளப் பெருக்க எண் 0.000018]

**விடை :** 0°C வெப்பநிலையில் 0 செ.மீ., 50 செ.மீ. குறியீடுகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு ($l_1$) =50 செ.மீ.

20°C வெப்பநிலையில் அக் குறியீடுகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு $l_2$ எனக் கொள்வோமாயின்

$$l_2 = l_1(1+\alpha\theta)$$

எனவே, $l_2 = 50\,[1+0·000018\times 20]$

$$l_2 = 50·018$$

எனவே, 20°C வெப்பநிலையில் பொருளின் உண்மையான நீளம்=50·018 செ.மீ.

## வினாக்கள்

1. திடப்பொருளின் நீளப் பெருக்க எண், பரப்புப் பெருக்க எண், பருமப் பெருக்க எண் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறி அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பையும் கூறுக.

2. ஒரு திடப்பொருளின் நீளப் பெருக்க எண்ணைச் சோதனைச் சாலையில் காண்பதற்கான சோதனையை விவரமாகக் கூறுக. திடப்பொருள் பெருக்கத்தின் விளைவுகளையும் பயன்களையும் பற்றிச் சுருக்கமாகக் கூறுக.

3. ஒரு ரயில் பாதையில் அடுத்தடுத்த இரு தண்டவாளங்களுக் கிடையேயுள்ள இடைவெளி 20° செ.கி. வெப்பநிலையில்

$\frac{1}{2}$ அங்குலம். அவ் வெப்பநிலையில் ஒவ்வொரு தண்டவாளத்தின் நீளம் 48 அடி என்றால் இடைவெளி மூடப்படும் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடுக. (தண்டவாளப் பொருளின் நீளப் பெருக்க எண் = 0·000012). [92·35° செ.கி.]

4. ஒரு சக்கரத்தின் எஃகு கட்டு (steel tyre) 27° செ.கி. வெப்பநிலையில் 89·5 செ.மீ. விட்டமுள்ளதாக இருக்கிறது. அது எந்த வெப்பநிலையில் 90 செ.மீ. விட்டமுள்ள சக்கரத்தில் சற்றே பொருந்தும்? (எஃகின் நீளப் பெருக்க எண் = 0·000012) [490° செ.கி.]

5. 0° செ.கி. வெப்பநிலையில் அளவுக்கூறுகள் குறிக்கப் பெற்ற பித்தளையாலான ஒரு மீட்டர்கோலைக் கொண்டு 20° செ.கி. வெப்பநிலையில் 10 மீட்டர் நீளத் துணி அளக்கப் பட்டால் அத் துணியின் உண்மையான நீளத்தையும், அளவீட்டில் ஏற்படும் பிழையையும் கணக்கிடுக. (பித்தளையின் நீளப் பெருக்க எண்=0·000018).
[10·0036 மீட்டர்; பிழை — 0·0036 மீட்டர்]

6. ஒரு பித்தளைக் கோளம் 22° செ.கி. வெப்பநிலையில் 8·4 க.செ.மீ. பருமனும், 25·2 ச.செ.மீ. பரப்பளவும் பெற்றிருக்கிறது. 92° செ.கி. வெப்பநிலையில் அதன் பருமனையும் பரப்பளவையும் கணக்கிடுக. (பித்தளையின் நீளப் பெருக்க எண் =0·000018) [8·432 க.செ.மீ., 25·264 ச.செ.மீ.]

**திரவங்களின் பெருக்கம்** (Expansion of liquids)

திரவங்களைப் பொறுத்தவரையில் இருவகைப் பெருக்கங்கள் உண்டு. அவற்றைச் சார்பிலாப் பெருக்கம் (absolute expansion) என்றும், தோற்றப் பெருக்கம் (apparent expansion) என்றும் கூறலாம். ஒரு திரவத்தைச் சூடாக்கும்போது அதனை ஒரு கொள்கலத்தில் வைத்தே சூடாக்க முடியும். எனவே, திரவம் சூடாக்கப்படும்போது கொள்கலமும் சூடாக்கப்படுவதால் அது பெருக்கமடைந்து முன்னைவிட அதிக அளவுத் திரவத்தைத் தன்னுள் அடக்கும். கலத்தையும் திரவத்தையும் தனித் தனியே சூடாக்க முடியுமாயின் திரவமட்டம் முதலில் கீழிறங்கி, பிறகு ஏறத் தொடங்குவதைக் காணலாம். ஆனால், கலத்தையும் திரவத்தையும் தனித்தனியே சூடாக்க முடியாதாகையால் திரவமட்டம் உயருவதை மட்டுமே நாம் காணமுடியும். நாம் காணக்கூடிய இந்தப் பெருக்கமானது திரவம் உண்மையில் அடையும் பெருக்கத்தைவிடக் குறைந்தே இருக்கும். கொள் கலம் காட்டக்கூடிய திரவத்தின் பெருக்கத்தைத் தோற்றப்

பெருக்கம் என்றும், திரவத்தின் உண்மையான பெருக்கத்தைச் சார்பிலாப் பெருக்கம் என்றும் அழைக்கலாம்.

**சார்பிலாப் பெருக்க எண்** (Cofficient of real expansion)

**ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையைக் கொண்ட திரவத்தின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயரும்போது அதன் ஓர் அலகு பருமனில் ஏற்படும் உண்மையான மிகுதிப்பாடு அதன் சார்பிலாப் பெருக்க எண்** (Coefficient of real expansion) **ஆகும்.**

$\theta_1$°C வெப்பநிலையில் $V_1$ அலகு பருமனுள்ள ஒரு திரவம் $\theta_2$°C வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றப்படும்போது அதன் உண்மையான பருமன் $V_2$ அலகு எனக் கொள்வோம்.

எனவே, திரவத்தின் சார்பிலாப் பெருக்க எண் ($m$)

$$= \frac{V_2 - V_1}{V_1 (\theta_2 - \theta_1)} \quad \text{...ச. 5.9}$$

**தோற்றப் பெருக்க எண்** (Coefficient of apparent expansion)

**ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையையுடைய ஒரு திரவத்தின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயரும்போது அதன் ஓர் அலகு பருமனில் ஏற்படும் பதிவு செய்யப்படக் கூடிய மிகுதிப்பாடு அத்திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண் ஆகும்.**

$\theta_1$°C வெப்ப நிலையில் $V_1$ அலகு பருமனுள்ள ஒரு திரவம் $\theta_2$°C வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றப்படும்போது அதன் பதிவு செய்யக்கூடிய பருமன் $V_2$ எனக் கொள்வோம்.

எனவே, தோற்றப் பெருக்க எண் $(m^1) = \frac{V_2 - V_1}{V_1 (\theta_2 - \theta_1)}$ ......ச. 5.10

**இரு விரிவெண்களுக்குமிடையேயுள்ள தொடர்பு**

$\theta_1$°C வெப்பநிலையில் ஒரு க.செ.மீ. கொள்ளளவுள்ள கலத்தினுள் இருக்கும் திரவத்தைக் கருதுவோம். திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண் $m'$ எனவும், சார்பிலாப் பெருக்க எண் $m$ எனவும், கலத்தின் பருமப் பெருக்க எண் $\gamma$ எனவும் கொள்வோம். கலமும் திரவமும் ஒரு டிகிரி செ.கி. அளவு சூடேற்றப்படுவதாகக் கொள்வோம்.

கலமும் திரவமும் சூடேற்றப்படுவது இரு கட்டங்களில் செய்யப்படுவதாகக் கருதுவோம்.

முதலில் கலம் மட்டும் ஒரு டிகிரி செ.கி. சூடேற்றப்படுகிறது.

உயர் வெப்பநிலையில் அதன் கொள்ளளவு $1+\gamma$ ஆகும். அடுத்து, திரவமும் 1 டிகிரி செ.கி. அளவு சூடேற்றப்படுகிறது.

உயர் வெப்பநிலையில் அதன் உண்மையான பருமன் $=1+m$. எனவே, $(1+m)-(1+\gamma)=(m-\gamma)$ அலகு பருமனுள்ள திரவம் கலத்தினின்றும் வெளியேறும்.

இவ்வாறு வெளியேறும் திரவத்தின் பருமனை மட்டுமே காட்சிப் பதிவுசெய்ய முடியுமாதலால் இதனைத் தோற்றப் பெருக்கம் என்கிறோம். திரவத்தின் தொடக்கப் பருமன் ஒரு க.செ.மீ. ஆதலால்,

தோற்றப் பெருக்க எண் $m' = m - \gamma$

அல்லது $m = m' + \gamma$

அதாவது,

ஒரு திரவத்தின் சார்பிலாப் பெருக்க எண் = அதன் தோற்றப் பெருக்க எண் + கலத்தின் பருமப் பெருக்க எண்.

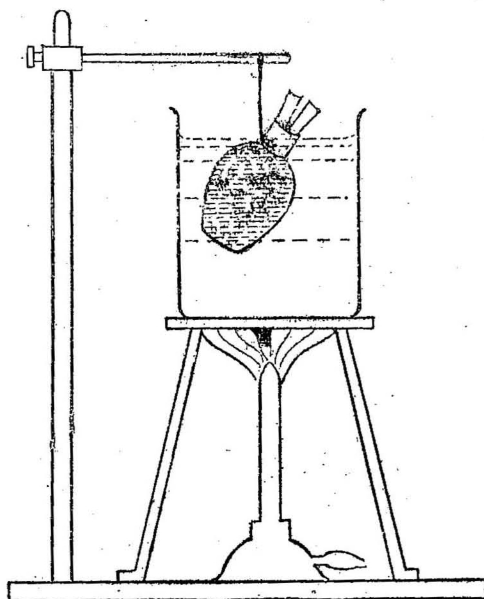
ஒரு திரவத்தின் சார்பிலாப் பெருக்க எண் ஒரே மதிப்பை உடையதாக இருக்கும். அதன் தோற்றப் பெருக்க எண் கலத்தின் பருமப் பெருக்க எண்ணைப் பொறுத்துச் சிறிது மாறுபடும்.

### ஒரு திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண்ணைக் காணல்

தூய்மையானதும் ஈரம் போக்கப் பெற்றதுமான ஓர் அடர்த்தி சீசாவை எடுத்துக் கொண்டு மூடியுடன் அதன் நிறையைக் காணவும். சோதனைக்கான திரவத்தின் தொடக்க வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொண்டபின் சீசாவில் திரவத்தை நிரப்பி, சீசாவின் வெளிப்புறத்தை நன்றாகத் துடைத்து, திரவத்தோடு சீசாவின் நிறையைக் காணவும். சீசாவினுள் காற்றுக் குமிழிகள் எதுவும் இல்லாமல் பார்த்துக் கொள்ளவும்.

அடுத்து ஒரு முகவையில் உள்ள நீரில் சீசாவை அதன் கழுத்து வரையில் அமிழ்த்தி நீரைக் கொதிநிலைக்குச் சூடாக்கவும் [படம் 5.11]. நீர் சூடாக்கப்படுவதால் திரவம் சூடாக்கப்பட்டுப் பெருக்கமடையும். இவ்வாறு பெருக்கமடையும் திரவம் சீசாவின் மூடியிலுள்ள துளையின் வழியே கசிந்து வெளிப்படும். இதனை மையொற்றுத் தாளால் நீக்கிவிடவும். நீர் கொதிக்கத் தொடங்கிய சிறிது நேரத்தில் திரவக் கசிவு

நின்றுவிடும். இது திரவத்தின் பெருக்கம் முற்றுப் பெற்றதைக் குறிக்கிறது. இந்நிலையில் நீரின் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்



படம் 5.11

கொள்ளவும். இது திரவத்தின் இறுதி வெப்பநிலையைக் குறிக்கிறது. சீசாவை வெளியில் எடுத்துக் குளிர்வித்தபின் அதன் வெளிப்புறத்தை நன்ருகத் துடைத்து மீதமுள்ள திரவத்துடன் நிறையைக் காணவும்.

அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு குறிக்கவும்:

| | |
|---|---|
| காலி சீசாவின் நிறை | $= \omega_1$ |
| தொடக்க வெப்பநிலையில் திரவத்துடன் நிறை | $= \omega_2$ |
| தொடக்க வெப்பநிலை | $= \theta_1 °C$ |
| இறுதி வெப்பநிலை | $= \theta_2 °C$ |
| இறுதி வெப்பநிலையில் திரவத்துடன் சீசாவின் நிறை | $= \omega_3$ |

எனவே,

$\theta_1$C வெப்பநிலையில் சீசாவை முழுதும் நிரப்பிக்கொண்டிருக்கும் திரவத்தின் நிறை $\Big\}$ $(\omega_2 - \omega_1) = m$.

$\theta_2 °C$ வெப்பநிலையில் சீசாவை முழுவதும் நிரப்பிக் கொண்டிருக்கும் திரவத்தின் நிறை $\Big\}$ $(\omega_3 - \omega_1) = m_1$

சீசாவின் கொள்ளளவு $V$ எனவும் இது வெப்பநிலை மாறும் போது மாறுவதில்லை எனவும் கொள்வோம். அவ்வாருயின் நாம் காண்பது தோற்றப் பெருக்க எண் ஆகும்.

$\theta_1$°C வெப்பநிலையில் 1 கிராம் திரவத்தின் பருமன் ($v_1$) $\Big\} = \dfrac{V}{m_1}$

$\theta_2$°C வெப்பநிலையில் 1 கிராம் திரவத்தின் பருமன் ($v_2$) $\Big\} = \dfrac{V}{m_2}$

எனவே,

திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண் $= (m^1) = \dfrac{v_2 - v_1}{v_1\,(\theta_2 - \theta_1)}$

$$= \frac{\dfrac{V}{m_2} - \dfrac{V}{m_1}}{\dfrac{V}{m_1}\,(\theta_2 - \theta_1)}$$

$$m' = \frac{m_1 - m_2}{m_2(\theta_2 - \theta_1)} \qquad \ldots 5{\cdot}11$$

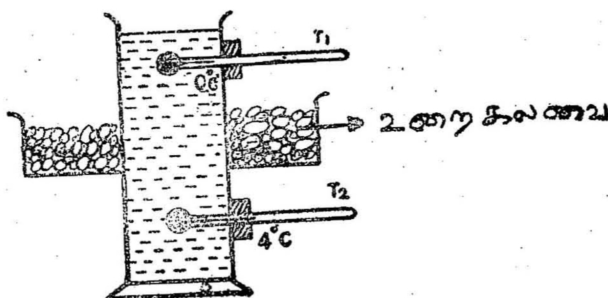
அதாவது, $m' = \dfrac{\text{வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் நிறை}}{\text{மீதமுள்ள திரவத்தின் நிறை} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$

நீரின் பெருக்கம் (Expansion of water)

நீரின் வெப்பநிலையை 0°C-லிருந்து அதிகரிப்போமாளுல் 4°C வரை சுருங்குகிறது. அதன் பின்னரே பெருக்கமடைகிறது. இவ்வாறு 0°C முதல் 4°C வரை வெப்பநிலை உயரும்போது பருமன் குறையும். நீரின் இந்தப் பண்பைப் பொதுநிலை பிறழ்ந்த பெருக்கம் (anomalous expansion) என அழைக்கிருேம். இவ்வகைப் பெருக்கத்திஞல் நீர் 4°C வெப்பநிலையில் சிறுமப் பருமனை அடைகிறது. எனவே, பெரும அடர்த்தியைக் கொண்டுள்ளது. இவ் வுண்மையை ஹோப் கருவியைக் (Hope's apparatus) கொண்டு விளக்கலாம்.

ஹோப் கருவியைப் படம் 5·12-ல் காணலாம். இதில் உயரமான உருளை வடிவ உலோகச் சாடி ஒன்று அதன் நடுப்பகுதியில் அகன்ற உருளைவடிவ உலோகத் தொட்டி ஒன்றிஞல் சூழப்பட்டிருக்கிறது. சாடியின் உச்சிப் பகுதியிலும் அடிப்பகுதியிலும் வெப்பநிலையை அளவிடச் சென்டிகிரேடு வெப்பநிலைமானிகள் ($T_1$, $T_2$) சாடியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. தொடக்கத்தில் சாடியில் சுற்றுப்புற வெப்பநிலையில் (சுமார்

25°C) நீரும், தொட்டியில் உறை கலவையும் (freezing mixture) வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.




படம் 5.12

நேரம் செல்லச் செல்ல வெப்பநிலைமானிகள் காட்டும் அளவீடுகளைக் குறித்து வந்தோமானால், முதலில் கீழ்ப் பகுதியில் உள்ள வெப்பநிலை மானியில் வெப்பநிலை குறைந்து கொண்டே வந்து 4°C வெப்பநிலையை அடைந்தபின் நிலையாக நின்றுவிடும். ஆனால், அதே சமயத்தில் உச்சிப் பகுதியிலுள்ள வெப்பநிலை மானியின் அளவீடு ஏறத்தாழ மாறாமல் இருக்கும். கீழ்ப்பகுதியில் வெப்பநிலைமானியின் அளவீடு 4°C-க்கு வந்து நிலையாக நின்றபின் மேற்பகுதி வெப்பநிலை மானியின் அளவீடு குறையத் தொடங்கி 0°C வெப்பநிலையை அடைகிறது. மேற்பகுதி வெப்பநிலை 0°C அளவை அடைந்த சிறிது நேரத்திற்குப் பிறகு நீர்ப் பரப்பில் பனிக்கட்டி உருவாகிய பின்னும் கீழ்ப்பகுதி வெப்ப நிலைமானி 4°C வெப்பநிலையையே காட்டும். இத்தகைய காட்சிப் பதிவை நீரின் பொதுநிலை பிறழ்ந்த விரிவின் அடிப் படையில் பின்வருமாறு அளக்கலாம்.

நடுப்பகுதியிலுள்ள நீர் அதைச் சூழ்ந்துள்ள உறை கலவையினால் வெப்பநிலை குறைந்து 4°C வெப்பநிலையை அடைந்தவுடன் பெரும அடர்த்தியின் காரணமாகக் கீழே இறங்குகிறது. எனவே, கீழ்ப்பகுதி வெப்பநிலை மானியின் அளவீடு 4°C வரை குறைகிறது. உறைகலவைக்குக் கீழ் உள்ள நீர் முழுவதும் 4°C வெப்பநிலையை அடைந்தபின் உறைகலவையினால் சூழப்பட்ட நீர் 4°C வெப்பநிலைக்குக் கீழ் குளிர்வதால் அதன் அடர்த்தி குறைகிறது. எனவே, அது மேல்நோக்கி நகருகிறது. ஆதலால், மேற்பகுதி வெப்பநிலை மானியின் அளவீடுகள் 0°C வரை குறைகின்றன.

எனவே, நீர், 4°C வெப்பநிலையில் பெரும அடர்த்தியைக் கொண்டுள்ளது என்பது தெளிவு.

குளிர் மிகுந்த நாடுகளில் வெப்பநிலை நீரின் உறை நிலைக்குக்கீழ் குறையும் கடுங்குளிர்காலங்களில் ஏரிகளிலும் ஆறுகளிலும் உள்ள நீர் குளிர்ச்சியடைகிறது. அதன் அடர்த்தி 4°C வெப்பநிலையில் பெரும அளவில் இருப்பதால் 4°C வெப்பநிலையை அடைந்தவுடன் நீர் ஏரியின் அடிப் பகுதிக்குச் செல்கிறது. நீர் மேலும் குளிரும்போது மேலேயே நின்றுவிடுவதோடு உறைந்து பனிக்கட்டியாகிறது. எனினும் கீழ்ப்பகுதியில் உள்ள நீர் 4°C வெப்பநிலையில் திரவ நிலையில் இருந்து உயிரினங்களின் வாழ்வுக்கு வகை செய்கிறது.

## வினாக்கள்

1. திரவத்தின் சார்பிலாப் பெருக்க எண், தோற்றப் பெருக்க எண் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறி அவற்றிற் கிடையேயுள்ள தொடர்பையும் பெறுக.

சோதனைச் சாலையில் திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண்ணைக் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

நீரின் பொதுநிலை பிறழ்ந்த பெருக்கத்தை விளக்குக.

2. பின்வரும் குறிப்புகளிலிருந்து டர்பென்டைனின் சார்பிலாப் பெருக்க எண், தோற்றப் பெருக்க எண் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

காலியான அடர்த்தி சீசாவின் நிறை = 13·56 கிராம்
28°C வெப்பநிலையில் டர்பென்டைனுடன்
நிறை = 33·56 கிராம்
96°C வெப்பநிலையில் டர்பென்டைனுடன்
நிறை = 31·66 கிராம்
அடர்த்தி சீசாப் பொருளின் நீளப்
பெருக்க எண் = 0·000009
[0·000904; 0·000877].

**வாயுக்களின் பெருக்கம்** (Expansion of gases)

திட, திரவப் பொருள்களைப் போலன்றி வாயுக்களுக்குப் பருமனும் அழுத்தமும் உள்ளன. வெப்பநிலை மாறும்போது பருமனும் மாறுவதோடு அழுத்தமும் மாறுகிறது. எனவே, வாயுக்களைப் பொறுத்தவரை வெப்பநிலை உயரும்போது அழுத்தம் மாறா நிலையில் பரும' மிகுதிப்பாடும், பருமன் மாறா நிலையில் அழுத்த மிகுதிப்பாடும் ஏற்படுகிறது. அதற்கேற்ப ஒரு வாயுவுக்குப் பருமப் பெருக்க எண்ணும், அழுத்தப் பெருக்க

எண்ணும் ஆக இரு பெருக்க எண்கள் உண்டு. வாயுக்கள், அவற்றின் வெப்பநிலை மாறும்போது பருமனிலும் அழுத்தத்திலும் மிக அதிகமாக மாறுகின்றன. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் (0°C) ஓர் அலகு பருமன் அல்லது அழுத்தம் கொண்ட வாயுவின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயருவதால் ஏற்படும் பருமன் அல்லது அழுத்த மிகுதிப் பாட்டைப் பெருக்க எண் எனக் கணக்கிடுகிறோம்.

பருமப் பெருக்க எண் (Volume coefficient)

**அழுத்தம் மாறு நிலையில், ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையைக் கொண்ட வாயுவின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயரும்போது அதன் பருமனில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாட்டிற்கும் 0°C வெப்பநிலையில் அதன் பருமனுக்கும் உள்ள தகவு அந்த வாயுவின் பருமப் பெருக்க எண் ஆகும்.**

0°C வெப்பநிலையில் $V_0$ அலகு பருமனுள்ள ஒரு வாயுவின் பருமன் அதே அழுத்தத்தில் $\theta$°C வெப்பநிலையில் $V\theta$ என்பதாகக் கொள்வோம்.

பரும மிகுதிப்பாடு $= V\theta - V_0$

வெப்பநிலை உயர்வு $= \theta°$ செ.கி.

0° செ.கி. வெப்பநிலையின் பருமன் $= V_0$

எனவே, வாயுவின் பருமப் பெருக்க எண் $= a = \dfrac{V_\theta - V_0}{V_0 \times \theta}$ .........ச. 5·12

$$\therefore \quad V_0 \theta a = V_\theta - V_\theta$$

அல்லது $V_\theta = V_0 (1 + a\theta)$ .........ச. 5·13

மாறு அழுத்தத்தில், ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையை உடைய வாயுவின் பருமன் $\theta_1$°C வெப்பநிலையில் $V_1$ எனவும், $\theta_2$°C வெப்பநிலையில் $V_2$ எனவும் கொள்வோமானால்,

$$V_1 = V_0 (1 + a\theta_1)$$

$$V_2 = V_0 (1 + a\theta_2)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{(1 + a\theta_1)}{(1 + a\theta_2)}$$

அல்லது $V_1 (1 + a\theta_2) = V_2 (1 + a\theta_1)$

$$\therefore \quad a (V_1 \theta_2 - V_2 \theta_1) = V_2 - V_1$$

$$a = \frac{V_2 - V_1}{V_1 \theta_2 - V_2 \theta_1} \quad \text{......ச. 5·14}$$

**அழுத்தப் பெருக்க எண் (Pressure coefficient)**

**பருமன் மாருநிலையில், ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையைக் கொண்ட வாயுவின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயரும்போது அதன் அழுத்தத்தில் ஏற்படும் மிகுதிப்பாட்டிற்கும் 0°C வெப்பநிலையில் அதன் அழுத்தத்திற்கும் உள்ள தகவு அந்த வாயுவின் அழுத்தப் பெருக்க எண் ஆகும்.**

0°C வெப்பநிலையில் $P_0$ அழுத்தமுள்ள ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் பருமன் மாருநிலையில் $\theta$°C வெப்பநிலையில் $P\theta$ எனக் கொள்வோமாயின்,

வாயுவின் அழுத்தப் பெருக்க எண் $\beta = \dfrac{P_\theta - P_0}{P_0 \times \theta}$ ...ச.5.15

மேலும் $P\theta = P_0(1+\beta\theta)$ ச.5·16

$\beta = \dfrac{P_2 - P_1}{P_1\theta_2 - P_2\theta_1}$ ச.5·17

சோதனைகளிலிருந்து எல்லா வாயுக்களுக்கும் பருமப் பெருக்க எண்ணும் அழுத்தப் பெருக்க எண்ணும் ஒரே மதிப்பைக் கொண்டுள்ளன என்று அறிகிறோம். மேலும், ஒரு வாயுவின் அவ் விரண்டு மதிப்புகளும் ஒரே அளவினதாய் இருக்கின்றன.

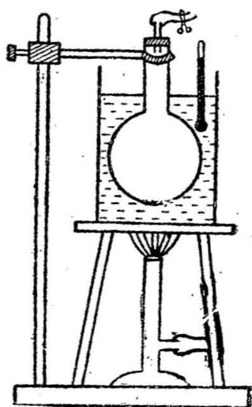
$$\text{அதாவது } a = \beta = \frac{1}{273}$$

**காற்றின் பருமப் பெருக்க எண்ணைச் சோதனை மூலம் கண்டு பிடித்தல்**

இந்தச் சோதனைக்கான அமைப்பைப் படம் 5·13-ல் காணலாம். சுமார் 250க.செ.மீ. கொள்ளளவுள்ள தூய்மையான மிக நன்ருக ஈரம் போக்கப் பெற்ற ஒரு கண்ணுடிக் குடுவை, ஒற்றைத் துளையுள்ள ஒரு தக்கையால் காற்றுப் புகாவண்ணம் மூடப்பட்டிருக்கிறது. துளையின் வழியாகச் சுமார் 10 செ.மீ. நீளமுள்ள ஒரு கண்ணுடிக்குழாய் செருகப் பட்டிருக்கிறது. கண்ணுடிக் குழாயுடன் ஒரு சிறு இரப்பர் குழாய் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. குடுவையினுள் காற்றுப் புகாவண்ணம் இரப்பர் குழாயை ஓர் இறுக்கியால் மூடலாம்.

சோதனையைத் தொடங்கி, குடுவையை ஒரு பாத்திரத்தில் வைக்கப்பட்ட நீருக்குள் அதன் கழுத்துவரை அமிழ்த்தி வைத்து இறுக்கியைத் தளர்த்தியபின் நீரை அதன் கொதி நிலைக்குச் சூடேற்றவும். இதனுல், குடுவையினுள் உள்ள காற்றுச் சூடேறிப் பெருக்கமடைகிறது. காற்றின் பெருக்கம் முற்றுப் பெறுவதற்காகக் குடுவையைச் சுமார் 15 நிமிடங்

களுக்குக் கொதிநீரில் வைத்தபின் கொதிநீரின் வெப்ப நிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவும் ($\theta_2$°C). இரப்பர் குழாயை இறுக்கியின் உதவியால் நன்ருக மூடி, குடுவையை வெளியில் எடுத்து ஒரு தொட்டியில் வைக்கப்பட்டுள்ள குளிர்ந்த நீரில் தலைகீழாக அமிழ்த்தவும். குளிர்ந்த நீரில் அமிழ்த்தப்பட்ட தால் குடுவையினுள் உள்ள காற்று குளிர்ச்சியடைந்து அதன் அழுத்தம் குறையும். எனவே, இப்போது இரப்பர் குழாயை நீருக்குள் அமிழ்த்திய நிலையிலேயே திறந்துவிட்டால் குடுவையினுள் நீர் விரையும். குடுவையினுள் உள்ள நீர்மட்டமும் தொட்டியில் உள்ள நீர் மட்டமும் ஒரே அளவாயிருக்கும்படிக் குடுவையைச் சரி செய்யவும். இதனுல், குடுவையிலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்திற்குச் சமமாகிறது. அதாவது, நீரின் கொதிநிலையில் குடுவையினுள் இருந்த காற்றின் அழுத்தத்திற்குச் சமமாகிறது. பின்னர் இரப்பர் குழாயை மூடி, குடுவையை வெளியில் எடுத்து, அதனுள் சென்ற நீரின் பருமனை ஓர் அளவுச் சாடியின் உதவியால் அளந்து கொள்ளவும் ($v$ க.செ.மீ.). குளிர்ந்த நீரின் வெப்பநிலையையும் ($\theta_1$°C) குறித்துக் கொள்ளவும். குடுவையை முழுவதும் நீரால் நிரப்பி அதன் பருமனையும் ($V$. க.செ.மீ.) அளந்து கொள்ளவும். இது குடுவையின் கொள்ளளவுக்குச் சமம்.



படம் 5.13

மேற்கண்ட அளவீடுகளிலிருந்து காற்றின் பருமப் பெருக்க எண்ணைப் பின்வருமாறு கணக்கிடவும்.

வளி அழுத்தத்திற்குச் சமமான அழுத்தத்தில் $\theta_1$°C வெப்பநிலையில் குடுவையினுள் இருந்த காற்றின் பருமன் $(V_1)=(V-v)$

$\theta_2$°C வெப்பநிலையில் அதன் பருமன் $V_2=V$

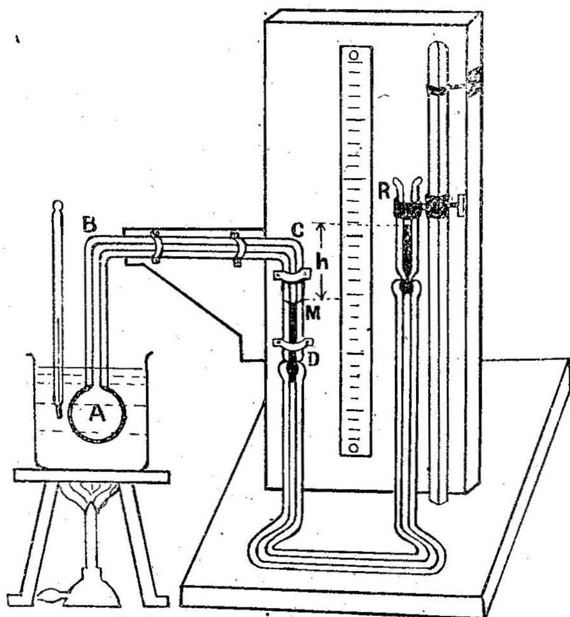
$$\therefore \text{ காற்றின் பருமப் பெருக்க எண் } a = \frac{V_2-V_1}{V_1\theta_2-V_2\theta_1}$$

$$\text{எனவே, } \quad a=\frac{v}{(V-v)\theta_2-V\theta_1}$$

குறிப்பு : சோதனை வெற்றிகரமாக இருக்கத் தொடக்கத்தில் குடுவை மிக நன்ருக ஈரம் போக்கப்பட்டிருக்கவேண்டும். தக்கை, இறுக்கி முதலியன குடுவையினுள் காற்றுப் புகா வண்ணம் நன்ருக மூடப்பட வேண்டும்.

**காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்ணைக் காணல்**

இதற்கு ஜாலியின் ஆய்கருவி (Jolly's apparatus) என்னும் கருவி பயன்படுத்தப்படுகிறது. அதன் அமைப்பைப் படம் 5.14-ல் காணலாம். தூய்மையான ஈரம் போக்கப் பெற்ற ஒரு




படம் 5.14

கண்ணுடிக்குமிழ் ($A$), இருமுறை செங்கோணத்தில் வளைக்கப்பட்ட ஒரு நுண்குழாயுடன் ($BCD$) இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. குமிழும் நுண்குழாயும் செங்குத்தான மரத்தாங்கி ஒன்றில் பக்கவாட்டில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. குழாயின் திறந்த முனை ஒரு சேமக் குழாயுடன்($R$)கெட்டியான இரப்பர் குழாயினுல் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சேமக் குழாயைத் தாங்கியில் மேலும் கீழும் நகர்த்தவோ, தேவைப்பட்ட இடத்தில்

பொருத்தி வைக்கவோ முடியும். சேமக் குழாய்க்கும் நுண் குழாய்க்கும் இடையில் ஓர் அளவுகோல் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. நுண்குழாயின் கீழ்ப்பகுதி, இரப்பர் குழாய், சேமக் குழாயின் கீழ்ப்பகுதி ஆகியவை பாதரசத்தால் நிரப்பப் பட்டுள்ளன. கண்ணுடிக் குழாய்க்குள் காற்று நிரப்பப் பட்டுள்ளது. நுண் குழாயின் $CD$ பகுதியில் ஒரு குறியீடு $(M)$ உள்ளது. குமிழிலுள்ள காற்றின் அழுத்தத்தை அளவிடும் ஒவ்வொரு முறையும் நுண்குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டம் $M$உடன் இணையுமாறு சேமக் குழாயைப் பொருத்த வேண்டும். இவ்வாருக, காற்றின் பருமன் மாருமல் வைக்கப்படுகிறது.

சோதனையைச் செய்ய முதலில் ஃபார்ட்டின் பாரமானியி லிருந்து வளி அழுத்தத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவும். அது $H$ செ.மீ. பாதரசம் எனக் கொள்வோம். கண்ணுடிக் குமிழை ஒரு முகவையிலுள்ள நீரில் மூழ்கியிருக்கும்படி வைக்கவும். நீரின் வெப்பநிலையை $(\theta_1°C)$ குறித்துக் கொண்டபின் நுண் குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டம் $M$உடன் இணையுமாறு சேமக்குழாயைச் சரி செய்யவும். அடுத்து, நுண்குழாயிலும் சேமக் குழாயிலுமுள்ள பாதரச மட்டங்களின் அளவீடுகளைக் கண்டு அவற்றின் உயர வேறுபாட்டைக்$(h)$ கணக்கிடவும். இனி சேமக் குழாயில் பாதரச மட்டம் $M$ஐவிட மேலே இருந்தால் குமிழில் காற்றின் அழுத்தம் $(P_1)$ $H+h$ செ.மீ. பாதரசம் எனவும், $M$ஐவிடக் கீழே இருந்தால் $H-h$ செ.மீ. எனவும் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.

பின்னர், முகவையிலுள்ள நீரைக் கொதிநிலைக்குச் சூடேற்றவும். இதனுல், குமிழிலுள்ள காற்றுப் பெருக்கமடைந்து பாதரச மட்டத்தை $M$-க்குக்கீழ் தள்ளும். சுமார் 10 நிமிடங்கள் சென்றபின் சேமக் குழாயைச் சரிசெய்து நுண்குழாயில் பாதரச மட்டம் $M$உடன் இணையுமாறு செய்யவும். திரும்பவும் பாதரச மட்டங்களின் உயர வேறுபாட்டைக் கண்டு முன் போலவே காற்றின் அழுத்தத்தை $(P_2)$ கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும். நீரின் கொதிநிலையையும் $(\theta_2°C)$ குறித்துக் கொள்ளவும்.

இனி,
$$\beta = \frac{P_2 - P_1}{P_1\theta_2 - P_2\theta_1}$$

என்னும் வாய்பாட்டைக் கொண்டு காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்ணைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.

தவிர, $P$, $\theta$ இவைகளை இணைக்கும் வரைபடத்தைக் கொண்டும் அழுத்தப் பெருக்க எண் $\beta$-யைக் கணக்கிடலாம்.

**மெய் வெப்பநிலை அளவீட்டு முறை** (Absolute scale of temperature)

$\theta$°C வெப்பநிலையில் $V_0$ பருமனுள்ள ஒரு வாயுவைக் கருதுவோம். அதே அழுத்தத்தில் $\theta$°C வெப்பநிலையில் அதன் பருமன் $V_\theta$ ஆயின்,

$$V\theta = V_0 (1+a\theta)$$

எல்லா வாயுக்களுக்கும் $a = \frac{1}{273}$

$$\therefore \qquad V_\theta = V_0\left(1+\frac{\theta}{273}\right)$$

எனவே, —10°C-ல் பருமன்

$$V_{-10} = V_\theta\left(1-\frac{10}{273}\right)$$

—273°C-ல் பருமன்

$$V_{-273} = V_\theta\left(1-\frac{273}{273}\right) = 0.$$

அவ்வாறே எல்லா வாயுக்களுக்கும் அழுத்தப் பெருக்க எண் $\frac{1}{273}$ ஆதலால், ஒரு வாயுவின் பருமன் மாருநிலையில் —273°C-யில் அதன் அழுத்தம் சுழியாகும்.

அதாவது, ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் மாரு நிலையில் பருமனும், பருமன் மாரு நிலையில் அழுத்தமும் —273°C வெப்பநிலையில் சுழி அளவை அடைகின்றன. எனவே, —273°C அளவே வெப்பநிலையின் மிகக் குறைந்த அளவாகும். அதனை வெப்பநிலையின் மெய்ச்சுழி (absolute zero) என்று அழைத்தல் பொருத்தமாகும்.

இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு மற்றுமொரு வெப்பநிலை அளவீட்டு முறை அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனை மெய் வெப்பநிலை அளவீட்டு முறை என அழைக்கிறோம். இம் முறையில் —273°C சுழியாகவும் இதன் ஒரு டிகிரி அளவு சென்டிகிரேடு முறையில் ஒரு டிகிரி அளவுக்குச் சமமாகவும் இருக்கிறது. இம் முறையில் வெப்பநிலைகளை $T$°A எனக் குறிப்பது வழக்கம்.

எனவே, —273°C = 0°மெய்வெப்பநிலை = 0°A

—272°C = 1°A

$$0°C = 273°A$$
$$100°C = 373°A$$

அல்லது, பொதுவாக $\theta°C = (273+\theta)°A$

இவ்வாறாக சென்டிகிரேடு முறையில் அளவிடப்பட்ட வெப்பநிலையோடு 273ஐக் கூட்டினால் மெய் வெப்பநிலை கிடைக்கும்.

### சார்லஸ் விதி (Charles' law)

பல்வேறு வாயுக்களைக் கொண்டு செய்யப்பட்ட சோதனைகளின் அடிப்படையில் சார்லஸ் என்னும் விஞ்ஞானி கீழ் வரும் விதியைக் கண்டார்.

**ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையைக் கொண்ட வாயுவின் அழுத்தம் மாறாதிருக்கும்போது அதன் பருமன் மெய் வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது; தவிர, பருமன் மாறாதிருக்கும்போது அதன் அழுத்தம் மெய் வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது.**

$T°A$ வெப்பநிலையிலும், $P$ அலகு அழுத்தத்திலும் உள்ள குறிப்பிட்ட நிறையைக் கொண்ட ஒரு வாயுவின் பருமன் $V$ எனக் கொள்வோமானால், சார்லஸ் விதிப்படி.

அழுத்தம் மாறா நிலையில் $V \propto T$ அல்லது $\frac{V}{T} =$ ஒரு மாறிலி

பருமன் மாறா நிலையில் $B \propto T$ அல்லது $\frac{P}{T} =$ ஒரு மாறிலி.

### இலட்சிய வாயுச் சமன்பாடு (Perfect gas equation)

ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையைக் கொண்ட வாயுவின் பருமன், அழுத்தம், மற்றும் மெய் வெப்பநிலை ஆகியவை முறையே $V, P, T$, எனக் கொள்வோம்.

பாயிலின் விதிப்படி,

வெப்பநிலை மாறாநிலையில் $V \propto \frac{1}{P}$

சார்லஸ் விதிப்படி அழுத்தம் மாறாநிலையில்

$$V \propto T$$

மேற் கூறிய இரு தொடர்புகளையும் ஒன்று சேர்த்தால் அழுத்தமும், வெப்பநிலையும் மாறும்போது

$$V \propto \frac{T}{P}$$

அதாவது $PV \propto T$

அல்லது $PV = RT$ ......ச. 5·18

சமன்பாட்டில் $R$ என்பது ஒரு மாருத எண். அது வாயு மாறிலி (gas constant) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

$T_1°$ மெய் வெப்பநிலையிலும், $P_1$ அலகு அழுத்தத்திலும், $V_1$ அலகு பருமன் கொண்ட ஒரு வாயுவைக் கருதுவோம். $T_2°$ மெய் வெப்பநிலையிலும் $P_2$ அலகு அழுத்தத்திலும் அதன் பருமன் $V_2$ அலகு என்ருல்

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \text{ ஆகும்.}$$

ஒரு கிராம்—மூலக்கூறு (gram molecule) வாயுவுக்கு வாயு மாறிலி கணக்கிடப்பட்டால் அது **அனைத்து வாயு மாறிலி** (universal gas constant) என்று கூறப்படும். வாயுவின் ஒரு கிராமுக்கு வாயு மாறிலி கணக்கிடப்பட்டால் அது வாயுச் சிறப்பு மாறிலி (characterestic gas constant) என்று அழைக்கப்படும்.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு மெல்லிய கண்ணுடிக் குமிழ் 27°C வெப்பநிலையில் வளி அழுத்தத்தில் காற்று நிரப்பப்பட்டு சீலிடப்படுகிறது. குமிழ் தாங்கக்கூடிய பெரும அழுத்தம் 2 வளி அழுத்தங்கள் எனின் எந்த வெப்பநிலைக்குமேல் சூடாக்கப்படும்போது அது வெடிக்கும்? (கண்ணுடிக் குமிழ் பெருக்கமடைவதில்லை எனக் கொள்க).

**விடை :** கண்ணுடிக் குமிழ் பெருக்மடைவதில்லையாதலால் வெப்பநிலை மாறும்போது அதனுள்ளிருக்கும் காற்றின் அழுத்தம் அதிகமாகும்.

குமிழுக்குள் இருக்கும் காற்றின்

தொடக்க அழுத்தம் $(P_1) = 1$ வளி அழுத்தம்

தொடக்க வெப்பநிலை $(T_1) = (273+27)°$ A

$= 300°$ A

இறுதி அழுத்தம் $(P_2) = 2$ வளி அழுத்தம்

இறுதி வெப்பநிலை $(T_2) = ?$

சார்லஸ் விதிப்படி $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

எனவே, $\frac{1}{300} = \frac{2}{T_2}$

அல்லது $T_2 = 2 \times 300$

$= 600°A$

$= 600 - 273 = 327°C.$

கண்ணுடிக் குமிழ் 327°C-க்கு மேல் சூடேற்றப்பட்டால் வெடிக்கும்.

2. ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையையுடைய வாயுவின் பருமன், 27°C, வெப்பநிலையிலும், 60 செ.மீ. பாதரச அழுத்தத்திலும் 3 லிட்டர் ஆகும். இ.வெ.அ-ல் (இயல்பான வெப்பநிலை அழுத்தம்—N.T.P.) அதன் பருமனைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** வாயுவின் தொடக்க

அழுத்தம் $(P_1)$ = 60 செ.மீ. பாதரசம்

தொடக்க வெப்பநிலை $(T_1)$ = 27°C

= 300°A

தொடக்கப் பருமன் $(V_1)$ = 3 லிட்டர்

இறுதி அழுத்தம் $(P_2)$ = 76 செ.மீ. பாதரசம்

இறுதி வெப்பநிலை $(T_2)$ = 0°C

= 273°A

இறுதிப் பருமன் $(V_2)$ = ?

வாயுச் சமன்பாட்டின்படி $$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

எனவே, $$\frac{60 \times 3}{300} = \frac{76 \times V_2}{273}$$

$$\therefore \quad V_2 = \frac{60 \times 3}{300} \times \frac{273}{76}$$

$$= 2{\cdot}156$$

எனவே, இ.வெ.அ-ல் வாயுவின் பருமன் = 2·156 லிட்டர்.

## வினாக்கள்

1. ஒரு வாயுவின் பருமப் பெருக்க எண்ணை வரையறுத்துக் கூறுக. சோதனைச் சாலையில் காற்றின் பருமப் பெருக்க எண்ணைக் காண்பதற்கான சோதனையை விவரித்துக் கூறுக. நீவிர் பயன்படுத்தும் வாய்பாட்டையும் பெறுக.

2. ஒரு வாயுவின் அழுத்தப் பெருக்க எண்ணை வரையறுத்துக் கூறுக. வாயுவின் பருமப் பெருக்க எண்ணுடன் அதன் தொடர்பையும் கூறுக.

காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்ணைக் காண்பதற்கான சோதனையைக் கோட்பாட்டுடன் விளக்கிக் கூறுக.

3. சார்லஸ் விதியைக் கூறி விளக்குக. மெய்ச்சுழி, மெய் வெப்பநிலை அளவீட்டு முறை ஆகியவற்றை விளக்குக. இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டினைப் பெறுக.

4. ஓர் உருளையில் 20°C வெப்பநிலையில் 8 வளி அழுத்தங்கள் அழுத்தத்தில் வாயு நிரப்பப்படுகிறது. அது தாங்கக் கூடிய பெரும அழுத்தம் 24 வளி அழுத்தங்கள். அதைச் சிறிது சிறிதாகச் சூடேற்றும்போது எந்த வெப்பநிலைக்குமேல் அது வெடிக்கும்? [606°C]

5. இ.வெ.அ-ல் அம்மோனியா வாயுவின் அடர்த்தி 0·771 கிராம்/லிட்டர் ஆகும். 36°C வெப்பநிலை, 58 செ.மீ. பாதரச அழுத்தத்தில் அம்மோனியாவின் அடர்த்தியைக் காண்க. [·52 கிராம்/லிட்டர்]

6. ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையையுடைய காற்று 31°C வெப்பநிலை, 76 செ.மீ. பாதரச அழுத்தத்தில் 100 க.செ.மீ. பருமனைப் பெறுகிறது. அதன் அழுத்தத்தை 50 செ.மீ. பாதரசத்திற்குக் குறைக்கும்போது அது 300 க.செ.மீ. பருமனைப் பெறுகிறது. அந் நிலையில் அதன் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடுக. [327°C]

வெப்ப அளவீடு (Measurement of heat)

வெப்பத்தை மெட்ரிக் முறையில் கேலரி (calorie) என்னும் அலகின் அடிப்படையில் அளவிடுகிறோம்.

**ஒரு கிராம் நீரின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு அளவு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் ஒரு கேலரி ஆகும்.**

வெப்பத்தை அளவிடப் பிரிட்டன் முறையிலும் ஓர் அலகு உண்டு. அது பிரிட்டன் வெப்ப அலகு (British Thermal unit) எனப்படும்.

**ஒரு பவுண்டு நீரின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி ஃபாரன்ஹீட் அளவு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் ஒரு பிரிட்டன் வெப்ப அலகு ஆகும்.**

வெப்ப எண் (Specific heat)

வெவ்வேறு மூலப்பொருளால் ஆன இரண்டு அல்லது மூன்று பொருள்களைச் சூரிய வெப்பத்தில் ஒரே கால அளவுக்கு

வைத்திருந்தால் ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு வெப்பநிலையை அடைந்திருப்பதைக் காணலாம். ஒவ்வொரு பொருளின் வெப்பநிலையும் அதன் வெப்ப எண்ணைப் பொறுத்ததாகும்.

**ஒரு கிராம் நிறை கொண்ட ஒரு பொருளின் வெப்ப நிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் அப் பொருளின் வெப்ப எண் எனப்படும்.**

ஒரு பொருளின் வெப்ப எண் $s$ என்றால், அப் பொருளின் ஒரு கிராம் நிறையின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் $s$ கேலரி ஆகும்.

எனவே, கேலரியின் வரையறைப்படி நீரின் வெப்ப எண் 1 ஆகும்.

### வெப்ப ஏற்புத்திறன் (Thermal capacity)

**ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் அப் பொருளின் வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படும்.**

ஒரு பொருளின் நிறை $m$, வெப்ப எண் $s$ என்றால் அதன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் $m\,s$ கேலரிகள் ஆகும்.

### வெப்பச் சமநீர் (Water equivalent)

**ஒரு பொருளின் வெப்ப ஏற்புத்திறனுக்குச் சமமான வெப்ப ஏற்புத்திறனைக் கொண்ட நீரின் நிறை அப் பொருளின் வெப்பச் சமநீர் எனப்படும்.**

ஒரு பொருளின் நிறை $m$, வெப்ப எண் $s$ என்றால் அதன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் $ms$ கேலரிகள் ஆகும். மேலும், 1 கிராம் நீரின் வெப்பநிலையை 1°C உயர்த்துவதற்கு 1 கேலரி வெப்பம் தேவையாதலால், $ms$ கிராம் நீரின் வெப்ப ஏற்புத்திறன் $ms$ கேலரியாகும். எனவே, பொருளின் வெப்பச் சம நீர் $ms$ கிராம் ஆகும்.

வெப்ப எண் $s$, $m$ கிராம் நிறை கொண்ட ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையை $\theta$°C உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம்

$$H = m \times s \times \theta \text{ கேலரிகள்}$$

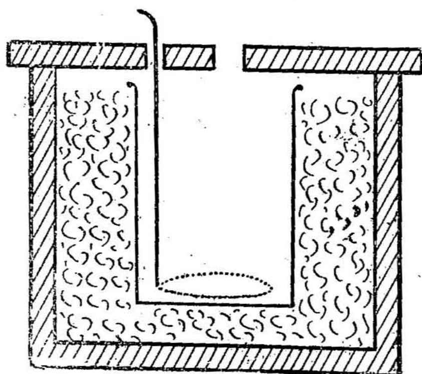
ஆகும்.

பொருளின் வெப்பநிலை $\theta$°C அளவு குறையுமாயின் பொருள் $m \times s \times \theta$ கேலரிகள் வெப்பத்தை இழக்கும்.

**கேலரிமானி** (Calori meter)

கேலரிமானி என்பது வெப்பத்தை அளவிடப் பயன்படும் மிக எளிய ஒரு கருவியாகும். இது செப்பாலான ஒரு சிறிய உருளை வடிவக் கலமாகும். அத்துடன் அதே உலோகத்தாலான ஒரு கலக்கியும் உள்ளது.

வழக்கமாக இதன் வெளிப்புறம் மிக நன்ருக மெருகேற்றப்பட்டிருக்கும்; சோதனையின்போது பஞ்சு திணிக்கப்பட்ட மரப்பெட்டி ஒன்றினுள் வைக்கப்பட்டு, பெட்டி மூடப்பட்டிருக்கும் [5·15]. இதனுல் வெப்பக் கடத்தல்,



படம் 5.15

வெப்பச் சலனம், வெப்பக் கதிர்வீசல் ஆகிய முறைகளால் கேலரிமானிக்கு ஏற்படும் வெப்ப இழப்பு தவிர்க்கப்படுகிறது.

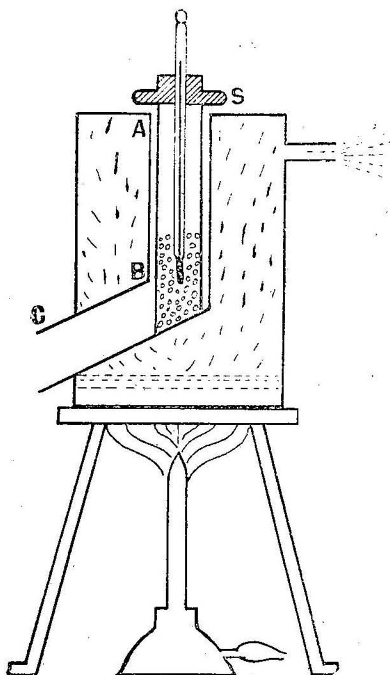
வெப்பத்தை அளவிட அதிகமாகப் பயன்படும் முறைக்குக் கலவை முறை (method of mixtures) என்று பெயர். இம் முறையில் தெரிந்த நிறை, உயர் வெப்பநிலை ஆகியவற்றைக் கொண்ட ஒரு பொருளை (வழக்கமாக, திடப்பொருள்) தெரிந்த நிறை, குறைந்த வெப்பநிலை கொண்ட மற்ருெரு பொருளுடன் (வழக்கமாக, கேலரிமானியிலுள்ள திரவம்) நன்ருகக் கலந்து, கிடைக்கப்பெறும் வெப்பநிலையை அளவிடுகிருேம்.

இனி, சுற்றுப்புறங்களிலிருந்து வெப்ப ஏற்போ அல்லது சுற்றுப் புறங்களுக்கு வெப்ப இழப்போ இல்லையெனக் கொள்வோமாயின்,

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளின் வெப்ப இழப்பு = கேலரிமானி, அதிலுள்ள திரவம் ஆகியவற்றின் வெப்ப ஏற்பு.

## திடப் பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் காணல்

சோதனைக்கான திடப்பொருள் சிறு துண்டுகளாக இருக்க வேண்டும். இதனைச் சூடேற்றுவதற்கு சின்க்ளேர் சூடேற்றியைப் (Sinclair's heater) பயன்படுத்துகிறோம். சின்க்ளேர் சூடேற்றியின் அமைப்பைப் படம் 5·16-ல் காணலாம். இது விரிகோணத்தில் வளைக்கப்பட்ட $ABC$ என்ற குழாயை உள்ளடக்கிய ஓர் உருளை வடிவக் கலமாகும். குழாயின் $AB$ பகுதி செங்குத்தாகவும், $BC$ பகுதி கீழ் நோக்கிச் சரிந்தும் இருக்கின்றன. $AB$ பகுதியினுள் மற்றொரு குழாய் ($S$) இழைகிறது (slides). இதன் அடிமுனை $ABC$ குழாயின் சரிந்த பகுதியை மூடுமாறு சரிவாக வெட்டப் பட்டுள்ளது. இழை குழாயினுள் திடப் பொருள் துண்டுகள் வைக்கப்படுகின்றன. கலத்தில் சிறிது நீரை எடுத்துக் கொண்டு கொதிநிலைக்குச் சூடேற்றினால் நீராவி உண்டாகித் திடப்பொருள் அடங்கிய குழாயைச் சூழ்ந்து அதனைச் சூடாக்குகின்றது.




படம் 5.16

எனவே, திடப்பொருள் சூடேறுகிறது. $AB$ குழாயை மூடியுள்ள தக்கையின் வழியே செலுத்தப்பட்ட ஒரு வெப்பநிலைமானியைக் கொண்டு திடப்பொருளின் வெப்ப நிலையை அளவிடலாம். திடப்பொருள் இவ்வாறு சூடேற்றப் படும்போது ஒரு தூய்மை மிக்க, ஈரம் போக்கப் பெற்ற

கேலரிமானியை அதன் கலக்கியோடு நிறை காணவும் ($w_1$). அதனைச் சுமார் மூன்றிலொரு பங்கு நீரால் நிரப்பித் திரும்பவும் நிறை பார்த்து ($w_2$), பின் சூடேற்றியிலிருந்து தொலைவில் வைக்கவும். திடப்பொருளின் வெப்பநிலை ஒரு நிலைக்கு வந்த பின் அதன் அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும் ($\theta_2$C). கேலரிமானியிலுள்ள நீரை நன்ருகக் கலக்கி அதன் தொடக்க வெப்பநிலையைக் ($\theta_1$°C) குறித்துக் கொண்ட பின் கேலரிமானியைப் பெட்டியோடு குழாயின் $C$ முனையின் கீழ்வைத்து, இழை குழாயைத் தூக்கவும். இப்போது திடப்பொருள் கேலரிமானிக்கு விரைவில் மாற்றப்படுகிறது. கேலரிமானியில் உள்ள கலவையை நன்ருகக் கலக்கி, அது அடைந்த பெரும வெப்பநிலையைக் ($\theta_3$°C) குறித்துக் கொள்ளவும். பின்னர் கேலரிமானியை அதன் சுற்றுப்புற வெப்பநிலைக்குக் கொணர்ந்தபின் நிறை காணவும் ($w_3$).

பொருளின் வெப்ப எண்ணைப் பின்வருமாறு கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

திடப் பொருளின் வெப்ப இழப்பு:
திடப்பொருளின் நிறை $(w_3 - w_2)$ கிராம்
வெப்பநிலைக் குறைவு $(\theta_2 - \theta_3)$°C
திடப்பொருளின் வெப்ப எண் $S$ எனக் கொள்வோம்.
எனவே, திடப்பொருளின் வெப்ப இழப்பு =
$(w_3 - w_2)\, S\, (\theta_2 - \theta_3)$ கேலரிகள்.

கேலரிமானியும் நீரும் ஏற்ற வெப்பம்;
கேலரிமானியின் நிறை $= w_1$ கிராம்
வெப்பநிலை உயர்வு $= (\theta_3 - \theta_1)$°C
கேலரிமானி செய்யப்பட்டிருக்கும்
மூலப்பொருளின் வெப்ப எண் $= s_1$ (தெரிந்த மதிப்பு)
∴ கேலரிமானியின் வெப்ப ஏற்பு $= w_1 s_1\, (\theta_3 - \theta_1)$ கேலரிகள்

நீரின் நிறை $= (w_2 - w_1)$ கிராம்
வெப்பநிலை உயர்வு $= (\theta_3 - \theta_1)$°C
நீரின் வெப்ப எண் $= 1$
நீரின் வெப்ப ஏற்பு $= (w_2 - w_1)\, (\theta_3 - \theta_1)$ கேலரிகள்.

எனவே, கேலரிமானி, நீர் ஆகியவற்றின் வெப்ப ஏற்பு
$= [w_1 s_1 + (w_2 - w_1)]\, (\theta_3 - \theta_1)$ கேலரிகள்
பொருளின் வெப்ப இழப்பு = கேலரிமானி, நீர் ஆகியவற்றின் வெப்ப ஏற்பு.

$$(w_3 - w_2)\, S\, (t_2 - t_3) = [w_1 s_1 + (w_2 - w_1)]\, (\theta_3 - \theta_1)$$

$$S = \frac{[w_1 s_1 + (w_2 - w_1)]\,(\theta_3 - \theta_1)}{(w_3 - w_2)\,(\theta_2 - \theta_3)}$$

எனவே, $S$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

**சோதனையின்போது கவனிக்க வேண்டிய சில முக்கியக் குறிப்புகள்**

1. வெப்பக் கடத்தல், வெப்பச் சலனம், வெப்பக் கதிர் வீசல் ஆகியவற்றால் ஏற்படும் கேலரிமானியின் வெப்ப இழப்பை இயன்ற அளவு குறைக்க வேண்டும். கதிர் வீச்சால் ஏற்படும் இழப்பைக் கேலரிமானியின் வெளிப்புறத்தை நன்றாக மெருகேற்றுவதன் மூலமும், கடத்தலால் ஏற்படும் இழப்பைக் கேலரிமானியை ஒரு மரப்பெட்டியில் வைப்பதன் மூலமும், சலனத்தால் ஏற்படும் இழப்பைப் பெட்டிக்குள் மீதமிருக்கும் இடத்தைப் பஞ்சினால் நிரப்புவதாலும் இயன்ற வரை குறைக்கலாம்.

2. திடப்பொருளை விரைவாகவும் ஒரே சீராகவும் சூடேற்ற வேண்டும். அதற்கேற்ப அது சிறு துண்டுகளாக இருக்க வேண்டும். மேலும், அதனைச் சூடேற்றியிலிருந்து விரைவாகக் கேலரிமானிக்கு மாற்ற வேண்டும்.

3. கேலரிமானியைச் சூடேற்றியிலிருந்து தொலைவில் வைக்க வேண்டும்.

4. வெப்பநிலைகளை உரிய நுட்பத்துடன் கூடிய வெப்ப நிலைமானிகளைக் கொண்டு அளவிட வேண்டும். மேலும், ஒவ்வொரு வெப்பநிலையை அளவிடும்போதும் கேலரி மானியில் உள்ளவற்றை நன்றாகக் கலக்கிய பின்னரே அளவிட வேண்டும்.

**திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காணல்:** இதற்கு, கேலரி மானியில் நீருக்குப் பதில் திரவத்தை எடுத்துக் கொண்டு திடப் பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் காண்பதற்கான சோதனையைப் போலவே செய்ய வேண்டும்.

இங்குத் திரவத்தின் வெப்ப எண் $x$, திடப்பொருளின் தெரிந்த வெப்ப எண் $S$, கேலரிமானி செய்யப்பட்ட மூலப் பொருளின் தெரிந்த வெப்ப எண் $s_1$ எனவும் கொள்வோம்.

கேலரிமானியின் வெப்ப ஏற்பு $= w_1 s_1 (\theta_3 - \theta_1)$ கேலரிகள்.
திரவத்தின் வெப்ப ஏற்பு $= (w_2 - w_1)\, x\, (\theta_3 - \theta_1)$ கேலரிகள்.
திடப்பொருளின் வெப்ப இழப்பு $= (w_3 - w_2)\, S\, (\theta_2 - \theta_3)$ கேலரிகள்.

$$\therefore\ w_1 s_1 (\theta_3 - \theta_1) + (w_2 - w_1)\, x\, (\theta_3 - \theta_1) = (w_3 - w_2)\, S\, (\theta_2 - \theta_3)$$

எனவே, $x$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

## நிலைமாற்றம் (Change of State)

### உருகுதல் (Fusion)

உலகில் உள்ள ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் திடநிலை, திரவ நிலை, வாயுநிலை என்ற மூன்று நிலைகள் உண்டு. ஒரு திடப் பொருளைச் சூடேற்றும்போது அது உருகத் தொடங்கும் வரை அதன் வெப்பநிலை உயருகிறது. ஆனால், உருகத் தொடங்கியதும் பொருள் சூடேற்றப்பட்டாலும் அது முழுவதும் உருகும்வரை வெப்பநிலை உயருவதில்லை. இந்த வெப்ப நிலை, பொருளின் உருகுநிலை (melting point) எனப்படும். இந் நிலையில் பொருள் ஏற்கும் வெப்பம் அதன் நிலையை மாற்ற, அதாவது, திடநிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு மாற்றப் பயன்படுகிறது. இந்த வெப்பம் பொருளின் திரவ நிலையினுள் மறைந்திருப்பதால் அது உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (atlent heat of fusion) என அழைக்கப்படுகிறது.

**ஒரு கிராம் திடப்பொருள் அதன் உருகுநிலையில் வெப்ப நிலை மாறாமல் திரவநிலைக்கு மாறுவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு அப்பொருளின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் எனப்படும்.**

உள்ளுறை வெப்பத்திற்கான அலகு கேலரிகள்/கிராம் ஆகும்.

### பனிக்கட்டியின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணல்

**ஒரு கிராம் பனிக்கட்டி $0°$ செ.கி. வெப்பநிலையிலேயே முழுவதும் நீராக மாறுவதற்குத் தேவையான வெப்பம் பனிக் கட்டியின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் எனப்படும்.**

படம் 5.17-ல் காட்டியுள்ளபடி அமைந்த கம்பிவலைக் கலக்கியுடன் (wire gauze stirer) கூடிய ஒரு கேலரிமானியின் நிறையைக் காணவும் ($w_1$). அடுத்து, கேலரிமானியைச் சுமார் முக்கால் பகுதி நீரால் நிரப்பி நீருடன் அதன் நிறையைக்

காணவும்($w_2$). கேலரிமானியை மரப்பெட்டிக்குள் வைத்து நீரை நன்றாகக் கலக்கி அதன் தொடக்க வெப்பநிலையை ($\theta_1$°C) குறித்துக் கொள்ளவும். பின்னர் சிறுசிறு பனிக்கட்டித்துண்டுகளை மையொற்றுத் தாள் மடிப்புகளில் உலர்த்தி ஒவ்வொன்றாகக் கேலரிமானிக்குள் போடவும். அவை நீரில் மிதக்காவண்ணம் கம்பிவலைக் கலக்கியால் நன்றாகக் கலக்கவேண்டும். நீரின் வெப்பநிலை சுமார் 5 டிகிரி குறையும் அளவுக்குப் பனிக்கட்டிகளைச் சேர்த்து அவை முழுவதும் உருகியபின் நன்றாகக் கலக்கி, நீரின் சிறும வெப்பநிலையை ($\theta_2$°C) குறித்துக் கொள்ளவும். அடுத்து கேலரிமானியை நீருடன் நிறை காணவும்($w_3$).



படம் 5.17

இச் சோதனையில் பனிக்கட்டி வெப்பத்தை ஏற்கிறது. கேலரிமானியும் நீரும் வெப்பத்தை இழக்கின்றன.

கேலரிமானியும் நீரும் இழந்த வெப்பம் :

கலக்கியுடன் கேலரிமானியின் நிறை $= w_1$ கிராம்

கேலரிமானியின் வெப்பநிலைக் குறைவு $= (\theta_1 - \theta_2)$°C

அதன் வெப்ப எண் (தெரிந்த மதிப்புடையது) $= s_1$

கேலரிமானியின் வெப்ப இழப்பு $= w_1 s_1 (\theta_1 - \theta_2)$ கேலரிகள்

நீரின் நிறை $= (w_2 - w_1)$ கிராம்

நீரின் வெப்பநிலைக் குறைவு $= (\theta_1 - \theta_2)$°C

∴ நீரின் வெப்ப இழப்பு $= (w_2 - w_1)(\theta_1 - \theta_2)$ கேலரிகள்

எனவே, மொத்த வெப்ப இழப்பு =
$[w_1 s_1 + (w_2 - w_1)] (\theta_1 - \theta_2)$ கேலரிகள்

பனிக்கட்டி, முதலில் 0°C வெப்பநிலையில் உருகும்போதும் பின்னர் அவ்வாறு உருகிய நிலையில் அதன் வெப்பநிலை 0°C -லிருந்து $\theta_2$°C-க்கு உயரும்போதும் வெப்பத்தை ஏற்கிறது.

பனிக்கட்டியின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் $L$ கேலரிகள்/கிராம் எனக்கொள்வோம். ஒரு கிராம் பனிக்கட்டி 0°C வெப்பநிலையிலேயே நீராக மாறுவதற்குத் தேவையான வெப்பம் $L$ கேலரிகள் என்று இதற்குப் பொருள்.

சோதனையில் கேலரிமானியில் சேர்க்கப்பட்ட பனிக்கட்டியின் நிறை $\Big\} = (w_3 - w_2)$ கிராம்.

பனிக்கட்டி 0°C வெப்பநிலையிலேயே நீராக மாறுவதற்கு எடுத்துக்கொண்ட வெப்பம் $\Big\} = (w_3 - w_2)L$ கேலரிகள்

நீராக மாறிய நிலையில் வெப்பநிலை 0°C-லிருந்து $\theta_2$°C உயருவதற்கு எடுத்துக் கொண்ட வெப்பம் $\Big\} = (w_3 - w_2)\ \theta_2$ கேலரிகள்

∴ பனிக்கட்டி ஏற்றுக்கொண்ட மொத்த வெப்பம் $= (w_3 - w_2)\ (L + \theta_2)$ கேலரிகள்

பனிக்கட்டி ஏற்ற வெப்பம் = கேலரிமானியும் நீரும் இழந்த வெப்பம்

அதாவது, $(w_3 - w_2)\ (L + \theta_2) = [w_1\ s_1 + (w_2 - w_1)]\ (\theta_1 - \theta_2)$

$$\therefore \quad L = \frac{[w_1\ s_1 + (w_2 - w_1)]\ (\theta_1 - \theta_2)}{w_3 - w_2} - \theta_2$$

பனிக்கட்டியின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் சுமார் 80 கேலரிகள்/கிராம் ஆகும்.

இச் சோதனையின்போது கவனிக்கப்பட வேண்டிய சில முக்கிய குறிப்புகளாவன :

1. கேலரிமானியில் சேர்க்கப்படும் பனிக்கட்டிகள் சிறு துண்டுகளாகவும், நன்ருக உலர்த்தப்பட்டவையாகவும் இருக்கவேண்டும்.

2. பனிக்கட்டிகள் நீரினுள் நன்ருக அமிழ்ந்திருக்க வேண்டும்.

3. சேர்க்கப்படும் பனிக்கட்டியின் அளவு, நீரின் சிறும வெப்பநிலை, பனிநிலைக்குக் (dew point) கீழ் குறையாமல் இருக்கும் வண்ணம் அதாவது, காற்றிலுள்ள நீராவி கேலரிமானியின் மீது பனித் திவலைகளாக மாருமல் இருக்கும் அளவுக்கு இருக்க வேண்டும்.

## ஆவியாதல் (Vapourisation)

ஒரு திரவத்தைச் சூடேற்றும்போது அது கொதித்து ஆவியாகத் தொடங்கும்வரை அதன் வெப்பநிலை உயருகிறது. ஆனல், திரவம் கொதிக்கத் தொடங்கியதும் வெப்பநிலை மாருமல் இருக்கிறது. இந்த வெப்பநிலை திரவத்தின் கொதிநிலை (boiling point) எனப்படுகிறது. ஒரு திரவத்தின்

கொதிநிலை அதனோடு தொடர்பு கொண்டிருக்கும் காற்றின் அழுத்தத்தைப் பொறுத்துள்ளது. இந்நிலையில் திரவம் ஏற்கும் வெப்பம் அதனை ஆவியாக்கப் பயன்படுகிறது. இந்த வெப்பம் ஆவிநிலையில் மறைந்திருப்பதால் அது ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (latent heat of vapourisation) என அழைக்கப் படுகிறது.

**ஒரு கிராம் திரவம் அதன் கொதிநிலையில் வெப்பநிலை மாருமல் ஆவியாதலுக்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு அத் திரவத்தின் ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் எனப்படும்.**

**நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணல்**

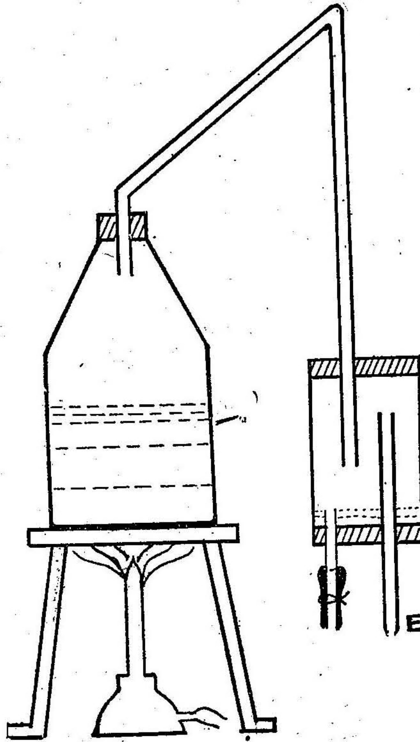
**ஒரு கிராம் நீர் அதன் இயல்பான கொதிநிலையில் வெப்ப நிலை மாருமல் முழுவதும் ஆவியாதலுக்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் எனப் படும்.**

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் $L$ கேலரிகள்/கிராம் என்ருல், நீரின் இயல்பான கொதிநிலையில் ஒரு கிராம் நீர் ஆவி யாதலுக்குத் தேவையான வெப்பம் $L$ கேலரிகள் என்று பொருள்படும்.

மேலும், ஒரு கிராம் நீராவி நீரின் இயல்பான கொதிநிலை யில் நீராக மாறும்போது $L$ கேலரிகள் வெப்பத்தை வெளி விடும் என்றும் பொருள்படும்.

சோதனைக்குத் தேவையான நீராவியைப் பெறப் படம் 5.18-ல் காட்டியுள்ளபடி ஓர் அமைப்பைப் பயன்படுத்து கிருேம். ஒரு துளையுள்ள தக்கை ஒன்ருல் மூடப்பட்ட ஒரு கொதிகலத்தில் நீர் கொதிக்க வைக்கப்படுகிறது. தக்கையி லுள்ள துளையின் வழியாகப் படத்திலுள்ளபடி வளைக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணுடிக்குழாய் செருகப்பட்டிருக்கிறது. குழாயின் செங்குத்துப் பகுதியின் முனையில் ஒரு நீர்த்தடுக்கும் அமைவு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கொதிகலத்திலிருந்து வெளிப்படும் நீராவி குழாயின் வழியாகச் செல்லும்போது மேல்நோக்கிச் சரிந்த பகுதியில் குளிர்ச்சியடைவதால் உருவாகும் நீர் கொதி கலத்திற்கே திரும்புகிறது. செங்குத்துப் பகுதியில் உருவாகும்

நீர், நீர்த் தடுக்கும் அமைப்புக்குள்ளேயே தங்கிவிடுகிறது. எனவே, நீர்த் தடுக்கும் அமைப்பிலிருந்து ஒரு சிறு கண்ணாடிக்




படம் 5.18

குழாய் ($E$) வழியாக வெளியேறும் நீராவி ஏறத்தாழ நீர்த் திவலைகள் அற்ற உலர்ந்த நீராவியாகும்.

இவ்வாறு நீராவி விளைவிக்கப்படும் இடைப்பொழுதில் ஒரு தூய, ஈரம் போக்கப்பெற்ற கேலரிமானியை அதன் கலக்கியுடன் நிறை காணவும் ($w_1$). கேலரிமானியைச் சுமார் முக்கால் பகுதி நீரால் நிரப்பி, நீருடன் கேலரிமானியின் நிறையைக் காணவும்($w_2$). கேலரிமானியை அதன் மரப்பெட்டியினுள் வைத்து, நீரின் தொடக்க வெப்பநிலையைக் ($\theta_2$°C) காணவும். அடுத்து, நீராவி வெளியேறும் குழாயின் முனை நன்றாக நீருக்குள் அமிழ்ந்திருக்குமாறு கேலரிமானியை வைத்து, வெப்பநிலை சுமார் 5°C உயரும்வரை நீராவியைச் செலுத்தவும். நீராவி செலுத்தப்படும்போது கேலரி

மானியிலுள்ள நீரை நன்ருகக் கலக்கவும். பின்னர் நீராவி செலுத்துவதை நிறுத்தி நீரை நன்ருகக் கலக்கியபின் அதன் பெரும வெப்பநிலையை ($\theta_2$°C) குறித்துக்கொள்ளவும். கேலரிமானி சுற்றுப்புற வெப்பநிலைக்குக் குளிர்ந்தபின் அதன் நிறையைக் காணவும்($w_3$). நீரின் கொதிநிலையைக் கொதி கலத்திலிருந்து குறித்துக் கொள்ளவும் ($\theta$°C).

இச் சோதனையில் கேலரிமானியும் நீரும் வெப்பத்தை ஏற்கின்றன. நீராவி நீரின் கொதிநிலையில் நீராக மாறும் போதும், அவ்வாறு மாறிய நீரின் வெப்பநிலை கொதிநிலையி லிருந்து $\theta_2$°C-க்குக் குறையும்போதும் வெப்பத்தை இழக்கிறது.

கேலரிமானியும் நீரும் ஏற்ற வெப்பம் :

கேலரிமானியின் நிறை $= w_1$ கிராம்
வெப்பநிலை உயர்வு $= (\theta_2 - \theta_1)$°C
கேலரிமானி செய்யப்பட்ட உலோகத்தின் வெப்ப எண் $= s_1$
∴ கேலரிமானியின் வெப்ப ஏற்பு $= w_1\, s_1\, (\theta_2 - \theta_1)$ கேலரிகள்
நீரின் நிறை $= (w_2 - w_1)$ கிராம்
வெப்பநிலை உயர்வு $= (\theta_2 - \theta_1)$°C
∴ நீரின் வெப்ப ஏற்பு $= (w_2 - w_1)\, (\theta_2 - \theta_1)$ கேலரிகள்

எனவே, மொத்த வெப்ப ஏற்பு
$= [w_1\, s_1 + (w_2 - w_1)]\, (\theta^2 - \theta_1)$ கேலரிகள்.

நீராவியின் வெப்ப இழப்பு:
நீராவியின் நிறை $= (w_3 - w_2)$ கிராம்
நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் $L$ கேலரிகள்/கிராம் எனக் கொள்வோம்.

∴ நீரின் கொதிநிலையில் நீராவி நீராக மாறும்போது இழந்த வெப்பம் $= (w_3 - w_2)\, L$ கேலரிகள்
அவ்வாறு மாறிய நீரின் வெப்பநிலை கொதிநிலை ($\theta$°C)யி லிருந்து $\theta_2$°C-க்குக் குறையும்போது இழந்த வெப்பம்
$= (w_3 - w_2)\, (\theta - \theta_2)$ கேலரிகள்.
எனவே, நீராவியின் மொத்த வெப்ப இழப்பு
$= (w_3 - w_2)\, [L + (\theta - \theta_2)]$ கேலரிகள்.
கலவை முறை விதிப்படி
நீராவியின் வெப்ப இழப்பு = கேலரிமானியும் நீரும் ஏற்ற வெப்பம்.

எனவே, $(w_3 - w_2)[L + (\theta - \theta_2)] = [w_1 s_1 + (w_2 - w_1)](\theta_2 - \theta_1)$

$$\therefore \quad L = \frac{[w_1 s_1 + (w_2 - w_1)](\theta_2 - \theta_1) - (\theta - \theta_2)}{(w_3 - w_2)}$$

எனவே, $L$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் சுமார் 540 கேலரிகள்/கிராம் ஆகும்.

**கவனக் குறிப்புகள் :** இச் சோதனைக்கென்றே உள்ள சில கவனக் குறிப்புகளாவன :

1. கேலரிமானிக்குள் செலுத்தப்படும் ஆவி இயன்ற அளவு ஈரம் போக்கப் பெற்றதாக, அதாவது, நீர்த்திவலைகள் அற்றதாக இருக்க வேண்டும்.

2. குழாயின்வழி வெளியேறும் நீராவி அதிக அளவில் இருக்கவேண்டும். இதனால் தேவைப்பட்ட வெப்ப உயர்வு குறுகிய கால அளவிலேயே கிடைத்துவிடும். எனவே, வெப்பக் கதிர்வீச்சினால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பு மிகவும் குறைந்துவிடும்.

**வெப்பத்தின் இயல்பு** (Nature of heat)

பதினெட்டாம் நூற்றுண்டு வரையில் வெப்பம் என்பது கட்புலனாகாத, சுய விலக்குத் தன்மையுடைய (self repellent) கேலரிக் (caloric) என்னும் ஒரு பாய்பொருளாகவே கருதப்பட்டு வந்தது. ஆனால், பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டின் தொடக்கத்தில் சர் ஹம்ஃப்ரி டேவி (Sir Humphry Davy), ரம்ஃபோர்டு (Rumford), ஜூல் (Joule) ஆகிய விஞ்ஞானிகள் செய்த ஆராய்ச்சிகள் மேற்கண்ட கருத்து தவறானது என்பதை உறுதியாக மெய்ப்பித்ததோடு, வெப்பமும் ஒருவகை ஆற்றலே என்று ஐயமற நிறுவின. மேலும், ஜூல் என்னும் விஞ்ஞானி எந்திர ஆற்றலுக்கும் வெப்ப ஆற்றலுக்கும் உள்ள சமன்பாட்டையும் கண்டார்.

அச் சமன்பாட்டின்படி எந்திர ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படும்போது வெளிப்படும் வெப்ப ஆற்றல் மாற்றப் படும் எந்திர ஆற்றலுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது. அதாவது $W$ அலகு எந்திர ஆற்றல் $H$ அலகு வெப்ப ஆற்றலாக மாறினால்,

$$W \propto H$$

அல்லது $\frac{W}{H} = J$

சமன்பாட்டில் J என்பது ஒரு மாறிலி. அதன் மதிப்பை முதன் முதலில் கண்டறிந்த ஜூல் என்னும் விஞ்ஞானியைச் சிறப்பிக்கும் வகையில் அதனை **ஜூல் மாறிலி** (Joule's constant) என்று அழைக்கிறோம். அது **வெப்பத்தின் எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று** (mechanical equivalent of heat) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. அதன் மதிப்பு $4{\cdot}186 \times 10^7$ எர்குகள்/கேலரி அல்லது 4·186 ஜூல்கள்/கேலரி ஆகும்.

வெப்ப ஆற்றல் எந்திர ஆற்றலாக மாறும்போதும் மேற் கூறிய தொடர்பு பொருந்தும்.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 50 கிராம் நிறையுள்ள அலுமினியக் கேலரிமானி ஒன்றினுள் 16°C வெப்பநிலையில் 109 கிராம் நீர் வைக்கப்பட்டுள்ளது. 92°C வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றப்பட்ட 60 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு செப்புக்கட்டியைக் கேலரிமானிக்குள் இட்ட போது கிடைக்கப்பெற்றப் பெரும வெப்பநிலை 19·4°C என்றால் செம்பின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடுக.

(அலுமினியத்தின் வெப்ப எண் = 0·22)

**விடை :** கேலரிமானி ஏற்ற வெப்பம்

$= 50 \times {\cdot}22 \times (19{\cdot}4 - 16)$ கேலரிகள்

நீர் ஏற்ற வெப்பம் $= 109 \times (19{\cdot}4 - 16)$ கேலரிகள்

கேலரிமானியும் நீரும் ஏற்ற வெப்பம்

$= (11 + 109)\, 3{\cdot}4$

$= 120 \times 3{\cdot}4$ கேலரிகள்

செம்பின் வெப்ப எண் $x$ எனக் கொள்வோம்.

∴ செப்புக்கட்டி இழந்த வெப்பம் $= 60 \times x \times (92 - 19{\cdot}4)$

$= 60 \times 72{\cdot}6\, x$

செப்புக்கட்டி இழந்த வெப்பம் = கேலரிமானியும் நீரும் ஏற்ற வெப்பம்.

$$60 \times 72{\cdot}6\, x = 120 \times 3{\cdot}4$$

$$x = \frac{120 \times 3{\cdot}4}{72{\cdot}6 \times 60}$$

$$= 0{\cdot}094$$

செம்பின் வெப்ப எண் $= 0{\cdot}094$

2. 12 கேலரிகள் வெப்ப ஏற்புத்திறன் உள்ள கேலரிமானி ஒன்றில் 48 கிராம் மண்ணெண்ணெயும், 10 கிராம் பனிக்கட்டியும் வைக்கப்பட்டுள்ளன. எண்ணெய் வழியே ஓரளவு நீராவி செலுத்தப்பட்டபோது அதன் வெப்பநிலை 10°C-க்கு ஏறியது. செலுத்தப்பட்ட நீராவியின் நிறையைக் காண்க. (எண்ணெயின் வெப்ப எண் = 0·5, பனிக்கட்டியின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் = 80 கேலரிகள்/கிராம்; நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 540 கேலரிகள்/கிராம்).

**விடை :** இங்கு கேலரிமானி, எண்ணெய், பனிக்கட்டி ஆகிய மூன்றும் வெப்பத்தை ஏற்கின்றன. நீராவி வெப்பத்தை இழக்கிறது.

கேலரிமானியின் வெப்ப ஏற்பு $= 12 \times 10 = 120$ கேலரிகள்
எண்ணெய் ஏற்ற வெப்பம் $= 48 \times 0{\cdot}5 \times 10 = 240$ கேலரிகள்

பனிக்கட்டி 0°C வெப்பநிலையில் உருகுவதற்கு எடுத்துக் கொண்ட வெப்பம் $= 10 \times 80 = 800$ கேலரிகள்

அவ்வாறு உருகிய நீரின் வெப்பநிலை 10°C-க்கு உயருவதற்கு எடுத்துக்கொண்ட வெப்பம் $= 10 \times 10 = 100$ கேலரிகள்

∴ மொத்த வெப்ப ஏற்பு = 1,260 கேலரிகள்
செலுத்தப்பட்ட நீராவியின் நிறை $m$ எனக் கொள்வோம்.

நீராவி, 100°C வெப்பநிலையில் நீராக மாறும்போது இழந்த வெப்பம் $= m \times 540$ கேலரிகள்

அவ்வாறு மாறிய நீரின் வெப்பநிலை 10°C-க்குக் குறையும்போது இழந்த வெப்பம் $= m \times 90$ கேலரிகள்

∴ மொத்த வெப்ப இழப்பு $= m \times 630$ கேலரிகள்
மொத்த வெப்ப ஏற்பு = மொத்த வெப்ப இழப்பு

$$1{,}260 = m \times 630$$
$$m = 2 \text{ கிராம்}$$

∴ செலுத்தப்பட்ட நீராவியின் நிறை 2 கிராம்.

3. ஒரு நீர்வீழ்ச்சியின் உயரம் 120 மீட்டர். நீர்வீழ்ச்சியின் அடியை நீர் அடைந்து நிலமட்டத்தைத் தாக்கும்போது அதன் வெப்பநிலையில் ஏற்படும் உயர்வைக் கணக்கிடுக.
($J = 4{\cdot}18$ ஜூல்கள்/கேலரி)

**விடை :** நீர் நிலமட்டத்தைத் தாக்கும்போது அதன் இயக்க ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாறுகிறது.

நிலமட்டத்தில் அதன் இயக்க ஆற்றல் 120 மீட்டர் உயரத்தில் அதன் நிலையாற்றலுக்குச் சமம்.

இனி, ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் விழும் நீரின் நிறை $m$ எனவும், அதன் வெப்பநிலை உயர்வு $\theta$°C எனவும் கொள்வோம்.

$\therefore$ நீரின் வெப்ப ஏற்பு $= m \times 1 \times \theta$ கேலரிகள்

வெப்ப ஆற்றலாக மாறிய

நிலையாற்றல் $(W) = mgh$ எர்க்குகள்

$= m \times 980 \times 12{,}000$ எர்க்குகள்

$= \dfrac{m \times 980 \times 12{,}000}{10^7}$ ஜூல்கள்

எனவே, ஆற்றல் மாற்றத்தால் தோன்றிய வெப்பம்

$$H = \frac{W}{J} = \frac{m \times 980 \times 12{,}000}{4{\cdot}18 \times 10^7} \text{ கேலரிகள்}$$

$$\therefore \quad m \times \theta = \frac{m \times 980 \times 12{,}000}{4{\cdot}18 \times 10^7}$$

$$\theta = \frac{980 \times 12{,}000}{4{\cdot}18 \times 10^7}$$

$$= 0{\cdot}28°C$$

நீரின் வெப்பநிலை உயர்வு $= 0{\cdot}28$°C

4. —8°C வெப்பநிலையிலுள்ள 5 கிராம் பனிக்கட்டியை 100°C வெப்பநிலையில் நீராவியாக மாற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தைக் கணக்கிடுக. (பனிக்கட்டியின் வெப்பஎண் $= 0{\cdot}5$, நீரின் உள்ளுறை வெப்பம் $= 80$ கேலரிகள்/கிராம், நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் $= 540$ கேலரிகள்/கிராம்).

**விடை :** தொடக்கநிலையிலிருந்து இறுதிநிலை வரையில் உள்ள நான்கு மாறுதல்களுக்கும் உரிய வெப்பங்களைக் கண்டு கூட்ட வேண்டும்.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| பனிக்கட்டியின் வெப்ப ஏற்பு | | $= 5 \times 0{\cdot}5 \times 8$ | $= 20$ | கேலரிகள் |
| பனிக்கட்டி நீராக மாற | ,, | $= 5 \times 80$ | $= 400$ | ,, |
| நீரின் வெப்ப ஏற்பு | ,, | $= 5 \times 1 \times 100$ | $= 500$ | ,, |
| நீர் ஆவியாக மாற | ,, | $= 5 \times 540$ | $= 2{,}700$ | ,, |
| எனவே, தேவையான மொத்த வெப்பம் | | | $= 3{,}620$ | ,, |

## வினுக்கள்

1. வெப்ப எண், வெப்ப ஏற்புத்திறன், வெப்பச் சமநீர் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக.

ஒரு திடப்பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் காண்பதற்கான சோதனையை விவரமாகக் கூறுக.

2. கலவை முறையைக்கொண்டு திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

3. உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் என்றால் என்ன ?

பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்குக. சோதனையின் போது கவனிக்க வேண்டிய சில முக்கியக் குறிப்புகள் யாவை?

4. ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் என்றால் என்ன ?

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

5. வெப்பத்தின் எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று என்றால் என்ன ?

6. 250 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு கேலரிமானியின் தொடக்க வெப்பநிலை 28°C. அதனுள் 59°C வெப்பநிலையில் உள்ள 55 கிராம் நீர் ஊற்றப்பட்டபோது கிடைக்கப்பெற்ற வெப்பநிலை 50°C என்றால் கேலரிமானியின் வெப்பச் சமநீர், வெப்ப எண் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[22·5 கிராம்; ·09]

7. 55 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு செப்புக் கேலரிமானியில் 28°C வெப்பநிலையில் 170 கிராம் மண்ணெண்ணெய் உள்ளது. 100°C வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றப்பட்ட 66 கிராம் அலுமினியத் துண்டுகள் அதனுள் போடப்பட்டபோது கிடைக்கப்பெற்ற வெப்பநிலை 38°C. அலுமினியம், செப்பு ஆகியவற்றின் வெப்ப எண்கள் முறையே 0·22, 0·1 என்றால் மண்ணெண்ணெயின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடுக. [0·5]

8. 50 கிராம் நிறையுள்ள ஓர் அலுமினியக் கேலரிமானியில் 29°C வெப்பநிலையில் 92 கிராம் நீர் உள்ளது. அதனுள் 0° C வெப்பநிலையில் பனிக்கட்டிகள் சேர்த்துக் கலக்கியபோது

கிடைக்கப்பெற்ற சிறும வெப்பநிலை 23°C. சேர்க்கப்பட்ட பனிக்கட்டிகளின் நிறையைக் கணக்கிடுக. (அலுமினியத்தின் வெப்ப எண் = 0·22, பனிக்கட்டியின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் 80 கேலரிகள்/கிராம்). [6 கிராம்]

9. 55 கிராம் நிறைகொண்ட ஓர் அலுமினியக் கேலரிமானியில் உள்ள 135 கிராம் நீரில் 3 கிராம் நீராவி செலுத்தப்படுகிறது. நீரின் தொடக்க வெப்பநிலை 29°C என்றால் இறுதி வெப்பநிலையைக் கணக்கிடுக. (நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 540 கேலரிகள்/கிராம்; நீராவியின் வெப்பநிலை = 100°C). [41·21°C]

10. 110 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு செப்புக் கேலரிமானியில் 26°C வெப்பநிலையில் 125 கிராம் எண்ணெய் ஒன்று உள்ளது. அதன் வழியே 100°C வெப்பநிலையில் உள்ள 2·2 கிராம் நீராவி செலுத்தப்பட்டபோது அதன் வெப்பநிலை 44°C-க்கு உயருகிறது. எண்ணெயின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடுக. (செம்பின் வெப்ப எண் = 0·1; நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் 540 கேலரிகள்/கிராம்). [0·495]

11. ஓர் இலக்கை நோக்கிச் சுடப்பட்ட ஒரு துப்பாக்கி ரவை இலக்கைத் தாக்கியதில், ரவையின் வெப்பநிலை 150°C அளவு உயர்கிறது. ரவையின் இயக்க ஆற்றல் முழுவதும் வெப்ப ஆற்றலாக மாறுகிறது என்று கருத்திற்கொண்டு ரவையின் வேகத்தைக் கணக்கிடுக (ரவைப் பொருளின் வெப்ப எண் 0.03; J = 4·18 ஜூல்கள்/கேலரி).

[193·9 மீட்டர்கள்/விநாடி]

### ஆவி அழுத்தம் (Vapour pressure)

ஒரு பொருள் ஆவிநிலைக்கு மாறுவதை ஆவியாதல் என்கிறோம். ஆவியாதல் இரு முறைகளில் நடைபெறுகிறது. ஒரு முறையில் திரவம் அமைதியான முறையில் ஆவியாக மாறுகிறது. இம் முறையில் எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் ஆவியாதல் நடைபெறுவதோடு திரவத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து மட்டுமே நடைபெறும். காட்டாக, தரையில் சிதறிய நீர் இம் முறையில் சிறிது நேரத்தில் மறைந்து விடுகிறது. இம் முறையில் வெவ்வேறு திரவங்கள் வெவ்வேறு வேகத்தில் ஆவியாகின்றன. ஆல்கஹால், ஈதர் போன்ற சில திரவங்கள் மிக விரைவில் ஆவியாகின்றன. அத்தகைய திரவங்கள் விரைந்து ஆவியாகும் திரவங்கள் எனப் பெயர் பெறுகின்றன.

வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போதும், திரவத்தின் பரப்பு அதிகமாகும்போதும், திரவத்தின்மேல் தொழிற்படும் அழுத்தம் குறையும்போதும் ஆவியாதல் அதிகமாகிறது. மேலும், காற்று வீசும்போதும், வறண்ட வானிலையிலும் ஆவியாதல் அதிகமாகிறது.

ஆவியாதலின் மற்ருெரு முறை கொதித்தல் ஆகும். ஒரு திரவத்தின் வெப்பநிலையை அதிகரித்துக்கொண்டே போனல் அது ஆவியாகும் வேகமும் அதிகரித்துக்கொண்டே சென்று ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் திரவம் முழுவதிலிருந்தும் ஆவிக் குமிழிகள் உருவாகித் திரவம் விறுவிறுப்பாக ஆவியாகும். இப்போது திரவம் கொதிப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. திரவத்தின் மீது தொழிற்படும் அழுத்தம் மாருதிருக்கும்போது திரவம் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் மட்டுமே கொதிக்கும். இந்த வெப்பநிலை அதன் கொதிநிலை என்று அழைக்கப்படுகிறது. இம் முறையில் திரவம் முழுவதிலும் ஆவியாதல் நடைபெறும்.

### ஆவியாதலின் மூலம் குளிர்தல்

ஒரு திரவம் ஆவியாகும்போது அவ்வாறு ஆவியாவதற்குத் தேவையான உள்ளுறை வெப்பத்தைத் திரவம் தன்னிடத்திலிருந்தே எடுத்துக்கொள்ளும். ஆகவே, திரவம் குளிர்ச்சியடையும் எனினும் ஆவியாதல் மிக மெதுவாக நடைபெறும்போது சுற்றுப்புறத்தினின்றும் வெப்பத்தை எடுத்துக் கொள்வதால் திரவம் பெரிதும் குளிர்ச்சியடைவதில்லை. ஆனல், திரவம் விரைவாக ஆவியாகுமானல் அது பெரிதும் குளிர்ச்சியடையும். இதனைக் கீழ்க்காணும் சோதனை விளக்குகிறது.

மரப்பலகைத் துண்டு ஒன்றின்மீது சிறிது நீர் விட்டு, அதன் மேல் ஈதர் திரவம் அடங்கிய ஒரு முகவையை வைக்கவும். துருத்தியைக் கொண்டு திரவத்தின் வழியே காற்றை ஊதினல் அது விரைவில் ஆவியாகிறது. எனவே, திரவமும் முகவையும் குளிர்ச்சியடைகின்றன. இதனல் மரத்துண்டிற்கும் முகவைக்குமிடையேயுள்ள நீர் பனிக்கட்டியாக மாறுகிறது. இப்போது முகவையைத் தூக்கினல் மரத்துண்டு அதனுடன் ஒட்டி இணைந்திருப்பதைக் காணலாம்.

### நிறைசெறிவு ஆவி (Saturated vapour)

மூடிய கலம் ஒன்றினுள் இடப்படும் திரவம் விரைவில் மறைந்து விடுவதைக் காணலாம். கலத்தினுள் சிறிது சிறிதாக மேலும் திரவம் இட்டால் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில், இடப்பட்ட

திரவம் ஆவியாகாமல் திரவ நிலையிலேயே நிலைத்துவிடும். இந் நிலையில் கலத்திலுள்ள ஆவி நிறைசெறிவு நிலையில் உள்ளது என்று கூறப்படும். ஒரு கலம் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் தன்னுள் அடக்கக்கூடிய பெரும அளவு ஆவியைத் தன்னுள் கொண்டிருந்தால் அது நிறைசெறிவாக்கம் பெற்றிருக்கிறது என்றும், அதைவிடக் குறைந்த அளவு ஆவியைக் கொண்டிருந்தால் குறைசெறிவாக்கம் பெற்றிருக்கிறது என்றும் கூறப்படுகிறது. நிறைசெறிவு நிலையிலுள்ள ஒரு திரவ ஆவியின் அழுத்தம் அத் திரவத்தின் **நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தம்** (Saturated vapour pressure) எனப்படுகிறது.

நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தின் பண்புகள் விரிவாக ஆராயப்பட்டுள்ளன. நிறைசெறிவு ஆவியால் நிரப்பப்பட்ட கலம் ஒன்றின் கொள்ளளவைக் குறைத்தால் ஆவியின் ஒரு பகுதி குளிர்ந்து திரவமாகுமே தவிர அதன் அழுத்தம் மாருது. எனவே, நிறைசெறிவு ஆவி பாயிலின் விதிக்கு உட்படுவதில்லை. கலத்தின் கொள்அளவை அதிகப்படுத்திஞலோ மீண்டும் சிறிது திரவம் ஆவியாகி கலத்தினுள் உள்ள ஆவி நிறைசெறிவாக்கம் பெறுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஒரு திரவத்தின் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தம் அவ் வெப்ப நிலையில் அத் திரவ ஆவி கொடுக்கக்கூடிய பெரும அழுத்தமாகும். அதன் மதிப்பு ஆவியின் வெப்பநிலையை மட்டுமே பொறுத்திருக்கும்; வெப்பநிலை அதிகமாயின் அதன் மதிப்பு அதிகமாகும்.

**நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தின் பண்புகள்**

1. மாரு வெப்பநிலையில் ஒரு திரவத்தின் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தம் பருமனைப் பொறுத்து மாறுவதில்லை.

2. ஒரு திரவப்பரப்பின் மேலுள்ள இடத்தில் பல ஆவிகள் கலந்திருந்தாலும் அத் திரவத்தின் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தம் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

3. ஒரு திரவத்தின் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தம் அதன் வெப்பநிலை மாருதிருக்கும்வரை மாறுவதில்லை. ஆஞல், வெப்பநிலை அதிகமாகும்போது வெகு விரைவில் அதிக மாகிறது.

**நிறைசெறிவு ஆவியும் குறைசெறிவு ஆவியும்** (Saturated and unsaturated vapours)

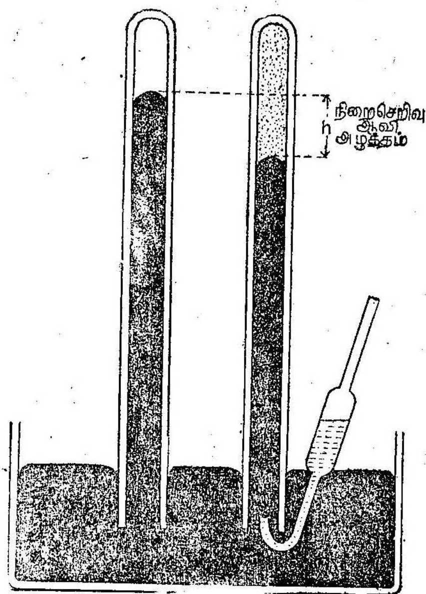
நிறைசெறிவு ஆவி, குறைசெறிவு ஆவி ஆகியவற்றின் வேறுபாடுகளைக் கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் காணலாம்:

| | நிறைசெறிவு ஆவி | குறைசெறிவு ஆவி |
|---|---|---|
| 1. | ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அழுத்தம் பருமனைப் பொறுத்து மாறுவதில்லை. எனவே, பாயில் விதிக்கு உட்படுவதில்லை. | ஏறத்தாழ பாயில் விதிக்கு உட்படுகிறது. |
| 2. | ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அழுத்தம் பெரும மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். | ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அழுத்தம் எந்த மதிப்பையும் கொண்டிருக்கும். பருமனைக் குறைப்பதாலோ, வெப்பநிலையைக் குறைப்பதாலோ நிறைசெறிவாக்கம் பெறும். |
| 3. | வெப்பநிலை அதிகமாகும் போது விரைவில் அதிகமாகிறது. எனவே, சார்லஸ் விதிக்கு உட்படுவதில்லை. | சார்லஸ் விதிக்கு உட்படுகிறது. |

**ஒரு திரவத்தின் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தைக் காணல்**

சோதனைக்கான அமைப்பைப் படம் 5.19-ல் காணலாம். $A$, $B$ என்பவை ஒரே கிண்ணத்தில் அருகருகே அமைக்கப்பட்ட இரு பாரமானிகள். $B$ என்ற பாரமானியின் டாரிசெல்லி வெற்றிடத்தினுள் சோதனைக்குட்பட்ட திரவத்தைச் சிறிது சிறிதாக ஒரு வளைந்த குழாய் வழியாகச் செலுத்தவேண்டும். வெற்றிடத்தில் திரவம் செல்லச் செல்ல அது ஆவியாகும். இந்த ஆவி அழுத்தத்தின் பயனாகப் பாரமானியில் பாதரச மட்டம் கீழே தள்ளப்படும். ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் வெற்றிடத்தினுள் செலுத்தப்பட்ட திரவம் ஆவியாகாமல் நின்றுவிடும். இப்போது, வெற்றிடம் திரவத்தின் நிறைசெறிவு ஆவியால் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது என்பதை அறியலாம். மேலும் சிறிது திரவம் செலுத்தப்பட்டாலும் அது பாதரச மட்டத்திற்குமேல் திரவநிலையிலேயே நின்றுவிடும்;

பாதரசமட்டம் கீழே தள்ளப்படுவதும் நின்றுவிடும். இந் நிலையில் $A$, $B$ பாரமானிகளில் உள்ள பாதரசத் தம்பங்களின்




படம் 5.19

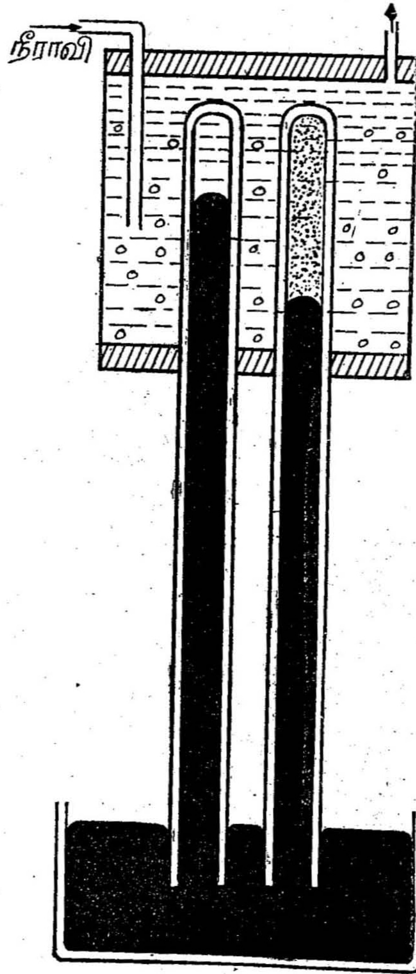
உயர வேறுபாடு அறை வெப்பநிலையில் திரவத்தின் நிறை செறிவு ஆவி அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும்.

### வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் திரவத்தின் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தைக் காணல்

இதற்கான அமைப்பைப் படம் 5.20-ல் காணலாம். முற் பகுதியில் விளக்கப்பட்ட அமைப்பில் உள்ள பாரமானிகளின் மேற்பகுதிகள் நீர்த்தொட்டி (water bath) ஒன்றால் சூழப் பட்டுள்ளன. நீர்த்தொட்டியின் வழியாக நீராவி செலுத்தப் படுவதன் மூலம் அதனைச் சூடேற்றலாம். வெற்றிடத்திலுள்ள ஆவி எப்போதும் நிறைசெறிவு நிலையில் இருப்பதற்காக அதனுள் சிறிது அதிகமாகவே திரவத்தைச் செலுத்த வேண்டும்.

இனி, நீர்த்தொட்டியின் வழியாக நீராவியைச் செலுத்தி அதனைத் தேவைப்பட்ட வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றியபின் நீர்த் தொட்டியை நன்றாகக் கலக்கி, பாரமானிகளிலுள்ள பாதரச

மட்டங்களின் உயர வேறுபாட்டைக் காணின் அது அந்த வெப்பநிலையில் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தைக் கொடுக்கும்.




படம் 5.20

அறை வெப்பநிலைக்குக் குறைந்த வெப்பநிலைகளில் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தைக் காண நீர்த்தொட்டியில் தேவையான அளவுக்குப் பனிக்கட்டிகளைச் சேர்த்து நன்றாகக் கலக்க வேண்டும்.

**பதங்கமாதல்** (Sublimation)

கற்பூரம், ரசகற்பூரம் (நாப்தலின்-napthalene), அயோடின் போன்ற சில திடப்பொருள்கள் திரவநிலையை அடையாமலே ஆவியாகின்றன. இவ்வாறு, ஒரு திடப்பொருள் திரவநிலைக்கு வராமல் ஆவியாதலைப் பதங்கமாதல் (sublimation) என்று கூறுகிறோம். ஒரு கிராம் திடப்பொருள் ஆவியாதலுக்குத் தேவையான வெப்பம் பதங்கமாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (latent heat of sublimation) எனப்படும்.

**ஈர அளவியல்** (Hygrometry)

**வளி மண்டலத்திலுள்ள நீராவி :** நிலமட்டத்திலுள்ள ஆறு, குளம், ஏரி, கடல் ஆகியவற்றின் மேற்பரப்பிலிருந்து எப்போதும் நீராவி உருவாகி வளிமண்டலக் காற்றோடு கலக்கிறது. இதனால் வளிமண்டலம் எப்போதும் ஓரளவு ஈரநிலையில் இருக்கிறது. வளிமண்டலத்திலுள்ள இந்த நீராவி பனி, மூடுபனி, மேகம், மழை ஆகிய இயற்கை நிகழ்ச்சிகளுக்குக் காரணமாக அமைகின்றது.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஒரு வெளியிடம் கொள்ளக்கூடிய ஆவியின் அளவுக்கு ஒரு பெரும மதிப்பு உண்டு என்பதை நாமறிவோம். இயல்பான நிலையில் வளிமண்டலம் நீராவியால் நிறைசெறிவாக்கம் பெறுவதில்லை. ஆனால், வெப்பநிலை குறையும்போது அதனுள் அடங்கியுள்ள நீராவியே அதனை நிறைசெறிவாக்கம் செய்வதற்குப் போதுமானதாக அமையும். அவ்வாறு நிறைசெறிவாக்கம் பெற்ற பின்பும் வெப்பநிலை குறையுமானால் நீராவி குளிர்ந்து பனித் திவலைகள் உருவாகின்றன. குளிர்காலங்களில், காற்றோட்டமற்ற இரவு நேரங்களில் நிலமட்டம் மிகவும் குளிர்ச்சியடைவதால் நிலமட்டத்திற்கு அருகிலுள்ள வளிமண்டலமும் குளிர்ச்சி அடைகிறது. எனவே, அதிலுள்ள நீராவி, மீச்செறிவு (supersaturation) நிலையை அடைந்து, தூசுத் துகள்கள் மீது பனித்திவலைகளாகக் குளிர்கிறது. இத்தகைய பனித் திவலைகளே பனியாகின்றன. அடர்மிகு பனி, மூடுபனி என அழைக்கப்படுகிறது. வளிமண்டல உயரப்பகுதியில் உருவாகும் பனித்திவலைகளின் கூட்டம் முகில் (cloud) எனப்படுகிறது. இத்தகைய முகில்கள் வளிமண்டலத்தில் மேலும் உயரே செல்லும்போது மேலும் குளிர்ச்சியடைகின்றன. இதனால் பனித்திவலைகள் மேலும் குளிர்ச்சியடைந்து நீர்த்துளிகளாக மாறி மழையைத் தருகின்றன.

ஆறு, குளம் முதலியவற்றில் உள்ள நீர் ஆவியாதல் வளிமண்டலத்தின் ஈரநிலையைப் பொறுத்தது. வளிமண்டலம் அதன் நிறைசெறிவாக்க நிலையிலிருந்து எவ்வளவுக்கு வேறுபட்டிருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கு ஆவியாதல் வெகு விரைவில் நடைபெறும். காற்றோட்டமற்ற மழைக்காலங்களில் வளிமண்டலம் ஏறத்தாழ நிறைசெறிவுநிலையில் இருக்கும். எனவே, அத்தகைய நாள்களில் ஈரத்துணிகள் மிக மெதுவாகவே உலருகின்றன. மேலும் நம் உடம்பில் ஏற்படும் வியர்வையும் ஆவியாவதில்லை. எனவேதான் புழுக்கமாக (sultry) இருப்பதை உணருகிறோம். ஆகவே, வளிமண்டலத்திலுள்ள நீராவியின் அளவைவிட அது நிறைசெறிவாக்க நிலைக்கு எவ்வளவு அருகிலிருக்கிறது என்பதே முக்கியத்துவம் பெற்றிருக்கிறது.

**ஒப்பு ஈரப்பதன் (Relative humidity)**

வளிமண்டலத்தின் ஈரநிலையை அதன் ஒப்பு ஈரப்பதன் மதிப்பைக் கொண்டு அளவிடுகிறோம்.

**வளிமண்டலத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதன் என்பது அதன் ஓரலகு பருமனில் உண்மையில் இருக்கக்கூடிய நீராவியின் நிறைக்கும், அதே வெப்பநிலையில் ஓரலகு பருமனை நிறைசெறிவாக்கம் செய்யத் தேவையான நீராவியின் நிறைக்கும் உள்ள தகவு ஆகும்.**

எந்த வெப்பநிலையிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட பருமன் வளிமண்டலத்திலுள்ள நீராவியின் நிறை அதன் அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருப்பதால் வளிமண்டலத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதனைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்.

**வளிமண்டலத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதன் என்பது அதில் உண்மையில் இருக்கும் நீராவியின் அழுத்தத்திற்கும் அதே வெப்பநிலையில் நீராவியின் நிறைசெறிவு அழுத்தத்திற்கும் உள்ள தகவு ஆகும்.**

அதாவது,

$$\text{ஒப்பு ஈரப்பதன்} = \frac{\text{வளிமண்டலத்தில் உண்மையில் இருக்கக்கூடிய நீராவியின் அழுத்தம்}}{\text{அதே வெப்பநிலையில் நீரின் நிறைசெறிவு அழுத்தம்}}$$

இயல்பான நிலையில் உள்ள வளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலை குறையும்போது அது நிறைசெறிவாக்கம் பெற்று, பின்னர்

அதிலுள்ள நீராவி பனித்திவலைகளாகக் குளிரும் என்று முன்னர் கூறப்பட்டது.

பனித்திவலைகள் உருவாவதற்கு வளிமண்டலம் எந்த நிலைக்குக் குளிர்விக்க வேண்டுமோ அந்த வெப்பநிலை **பனி நிலை** (dew point) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

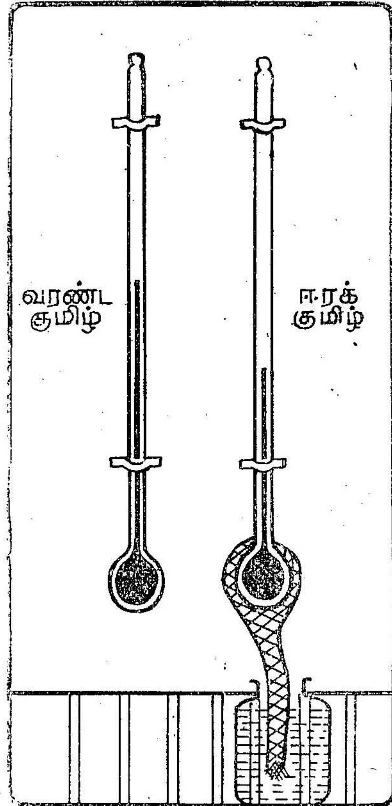
இதனால், வளிமண்டலத்தில் உண்மையில் உள்ள நீராவி பனிநிலையில் அதனை நிறைசெறிவாக்கம் செய்கிறது என்பது அறியப்படும். எனவே, வளிமண்டலத்தில் உண்மையில் உள்ள நீராவியின் அழுத்தம் பனிநிலையில் நிறைசெறிவு அழுத்தத்திற்குச் சமமாகிறது.

ஆகவே,

$$\text{ஒப்பு ஈரப்பதன்} = \frac{\text{பனிநிலையில் நீரின் நிறை செறிவு அழுத்தம்}}{\text{அறை வெப்பநிலையில் நீரின் நிறைசெறிவு அழுத்தம்}}$$

### வளிமண்டலத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதனைக் காணல்

பனிநிலையையும் ஒப்பு ஈரப்பதனையும் காணப் பயன்படும் கருவிகள் ஈரமானிகள் (hygrometers) என அழைக்கப் படுகின்றன. அவற்றுள் ஒன்றான ஈர-வறண்ட குமிழ் ஈரமானியைப் (wet and dry bulb hygrometer) பற்றி இங்குக் காண்போம். இதனைப் படம் 5.21-ல் காணலாம். இதில் ஒரு செங்குத்துத்தாங்கியில் அருகருகே இரு வெப்பநிலை மானிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஒரு வெப்பநிலை மானியின் குமிழ் ஈரமான மஸ்லின் நாடா ஒன்றினால் போர்த்தப்பட்டிருக்கிறது. நாடாவின் மறுமுனை ஒரு சிறு சீசாவில் வைக்கப்பட்டுள்ள நீரில் அமிழ்ந்திருக்கிறது.




படம் 5.21

இதனால் வெப்பநிலைமானியின் குமிழ் எப்போதும் ஈரமாக இருக்கும். இந்த வெப்பநிலைமானியை ஈரக்குமிழ் வெப்பநிலைமானி என்றும், மற்றதை வறண்ட குமிழ் வெப்பநிலைமானி என்றும் குறிப்பிடுகிறோம். வெப்பநிலைமானிக் குமிழைச் சுற்றியுள்ள நாடாவினின்றும் நீர் ஆவியாவதால் அது குளிர்ச்சியடைகிறது. எனவே, ஈரக்குமிழ் வெப்பநிலைமானி மற்ற வெப்பநிலைமானியை விடக் குறைவான வெப்பநிலையைக் காட்டுகிறது.

ஒப்பு ஈரப்பதன் குறைவாக இருக்கும்போது வளிமண்டலத்தில் உள்ள நீராவியின் அளவு குறைவாக இருக்கிறது. எனவே, நாடாவினின்றும் நீர் விரைவாக ஆவியாகிறது. எனவே, ஈரக்குமிழ் வெப்பநிலைமானியின் அளவீடும் அதிகமாகக் குறைகிறது.

கிளேஷர் (Glaisher) என்பவர் ஈரக்குமிழ் வெப்பநிலைமானி, வறண்ட குமிழ் வெப்பநிலைமானி ஆகியவற்றின் அளவீடுகளையும் பனிநிலையையும் இணைக்கும் ஒரு சமன்பாட்டைக் கண்டார். அதன்படி வறண்டகுமிழ் வெப்பநிலைமானி, ஈரக்குமிழ் வெப்பநிலைமானி ஆகியவற்றின் அளவீடுகள் முறையே $\theta_1$°C, $\theta_2$°C ஆயின்,

பனிநிலை $\theta°C = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$

சமன்பாட்டில் $G$ என்பது $\theta_1$°C வெப்பநிலைக்குரிய கிளேஷர் எண் (Glaisher factor) ஆகும். இவ்வாறு பனிநிலையைக் கணக்கிட்டபின், பனிநிலை, வறண்ட குமிழ் வெப்பநிலைமானி காட்டும் வெப்பநிலை (இது அறை வெப்புநிலையாகும்) ஆகியவற்றில் நீரின் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தை உரிய அட்டவணைகளினின்றும் கண்டு வளிமண்டலத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதனைக் கணக்கிடலாம்.

## வினாக்கள்

1. ஆவியாதலின் இரு முறைகளை விளக்குக.

2. நிறைசெறிவு ஆவி, குறைசெறிவு ஆவி ஆகியவற்றை வேறுபடுத்திக் காண்க. நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தின் பண்புகளைக் கூறுக.

3. நீராவியின் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தை வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்கிக் கூறுக.

4. ஒப்பு ஈரப்பதன், பனிநிலை ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக. ஈர-வறண்ட குமிழ் ஈரமானியை விளக்கிக் கூறி, அதனைக் கொண்டு வளிமண்டலத்தில் ஒப்பு ஈரப்பதனை எவ்வாறு அளவிடுவது என்பதையும் விளக்குக.

## வெப்பம் பரவுதல் (Transmission of heat)

ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு மூன்று முறைகளில் வெப்பம் பரவுகிறது. அம்முறைகள் வெப்பக் கடத்தல் (conduction), வெப்பச் சலனம் (convection), வெப்பக் கதிர்வீசல் (radiation) எனப்படும்.

### வெப்பக் கடத்தல்

உலோகக் கோலின் ஒரு முனையைச் சூடேற்றினால் கையில் பற்றப்பட்ட முனையும் விரைவில் சூடேறுவதைக் காணலாம். இங்கு உலோகக் கோலின் துகள்கள் ஒரு முனையிலிருந்து மற்றொரு முனைக்கு நகருவதில்லை. ஆனால், கோலின் அடுத்தடுத்த பகுதிகள் சூடேற்றப்படுவதால் வெப்பம் ஒரு முனையிலிருந்து மறுமுனைக்குக் கடத்தப்படுகிறது. இம் முறையில் வெப்பம் பரவுதலை வெப்பக் கடத்தல் என்கிறோம்.

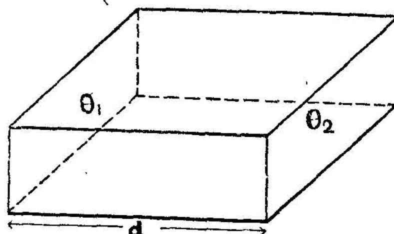
பொருள் துகள்கள் அவைகளின் இயல்பான நிலையில் இருந்து கொண்டே ஒரு பொருளின் சூடான பகுதியிலிருந்து குளிர்ந்த பகுதிக்கு வெப்பங்கடத்தும் முறை வெப்பக் கடத்தல் எனப்படுகிறது.

ஒரு பொருளிலுள்ள வெப்பம் அப் பொருளின் மூலக் கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலால் ஏற்படுகிறது என்று நம்புகிறோம். எனவே, மேலே கூறப்பட்ட உலோகக் கோலில் வெப்பம் பரவுதலைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம். திடப் பொருள்களில் மூலக்கூறுகள் அவற்றின் நடுநிலையை மையமாகக் கொண்டு அலைவுறுகின்றன. உலோகக் கோலின் ஒரு முனை சூடேற்றப்படும்போது அம்முனையில் உள்ள மூலக்கூறுகளும் அந்த வெப்ப ஆற்றலை ஏற்று அதிக வீச்சுடன் அலைவுறுகின்றன. இவ்வாறு அதிகரிக்கப்பட்ட அசைவு அடுத்தடுத்த பகுதிகளில் உள்ள மூலக்கூறுகளுக்குக் கடத்தப்படுகிறது. எனவே, அவற்றின் இயக்க ஆற்றல் அதிகமாகிறது. ஆகவே, அப்பகுதிகளின் வெப்பநிலை அதிகமாகிறது. இவ்வாறாக மூலக்கூறுகள் தங்களின் இயல்பான நிலைகளினின்றும் நகராமல் ஒரு முனையிலிருந்து மற்றொரு முனைக்கு வெப்பம் பரவுகிறது.

வெவ்வேறு உலோகங்களான ஒரே மாதிரியான உலோகக் கோல்களின் ஒரு முனையை ஒரே வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றினால் ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவுக்குப்பின் மற்ற முனைகள் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் இருப்பதைக் காணலாம். மற்ற முனைகளின் வெப்பநிலை அந்தந்த உலோகங்களின் வெப்பங்கடத்து திறனைப் பொறுத்திருக்கிறது.

**வெப்பங் கடத்துதிறன்** (Thermal conductivity)

$A$ அலகு குறுக்குவெட்டுப் பரப்பும், $d$ அலகு நீளமும் கொண்ட ஒரு கன செவ்வக உலோகத்துண்டு ஒன்றை எடுத்துக் கொள்வோம். அதன் ஒரு முனை $\theta_1$°C உயர் வெப்பநிலையிலும், மறுமுனை அதைவிடக் குறைந்த $\theta_2$°C வெப்பநிலையிலும் இருப்பதாகக் கொள்வோம் [படம் 5.22].




படம் 5.22

இப்போது உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள முனையிலிருந்து மறு முனைக்கு வெப்பம் பரவுகிறது. தொடக்கத்தில் உலோகத் துண்டின் ஒரு பகுதிக்குப் பரவும் வெப்பத்தில் ஒரு பகுதி அதனைச் சூடேற்றுவதற்குப் பயன்படுகிறது. எஞ்சியுள்ள வெப்பம் அதற்கு அடுத்த பகுதிக்குப் பரவுகிறது. எனவே, துண்டின் ஒவ்வொரு பகுதியின் வெப்பநிலையும் உயருகிறது. சிறிது நேரம் சென்றபின் எந்த ஒரு பகுதிக்கும் பரவும் வெப்பம் முழுவதும் அடுத்தடுத்த பகுதிகளின் வழியாகப் பரவும். இந் நிலையில் ஒவ்வொரு பகுதியின் வெப்பநிலையும் மாருமல் இருக்கிறது.

உலோகத்துண்டின் பக்கவாட்டில் வெப்பக் கதிர்வீச்சால் வெப்ப இழப்பு இல்லை என்று கொண்டால், இத்தகைய மாரு நிலையில் உயர் வெப்பநிலை முனையிலிருந்து மறு முனைக்குப் பரவும் வெப்பத்தின் அளவு ($H$).

1. வெப்பம் பரவும் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பிற்கு ($A$) நேர் விகிதத்திலிருக்கிறது.

2. இருமுனைகளின் வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு $(\theta_1 - \theta_2)$ நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது;

3. இரு முனைகளுக்கு மிடையேயுள்ள தொலைவுக்கு ($d$) எதிர்விகிதத்திலிருக்கிறது;

4. வெப்பம் பரவும் கால அளவுக்கு ($t$) நேர்விகிதத்தி லிருக்கிறது.

அதாவது, $$H \propto A\left(\frac{\theta_1 - \theta_2}{d}\right) t$$

அல்லது $$H = K A\left(\frac{\theta_1 - \theta_2}{d}\right) t$$

இச் சமன்பாட்டில் $K$ என்பது உலோகத்தின் வெப்பங் கடத்துதிறன் எனப்படும்.

$\frac{\theta_1 - \theta_2}{d}$ என்ற கூறு (term) வெப்பம் பரவும் திசையில் தொலைவைப் பொறுத்து வெப்பநிலை மாறுபடும் வீதத்தைக் குறிக்கிறது; வெப்பநிலை வாட்டம் (temperature gradient) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

மேற்கூறிய சமன்பாட்டில் $A=1$ சதுர செ.மீ., $(\theta_1 - \theta_2) = 1°C$., $d=1$ செ.மீ., $t=1$ விநாடி என்றால் $K=H$ கேலரி ஆகும். எனவே, வெப்பங்கடத்துதிறனைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்.

ஒரு சதுர சென்டிமீட்டர் குறுக்குவெட்டுப் பரப்புடைய ஒரு பொருளின் இரு முனைகளுக்கிடையே சென்டிமீட்டருக்கு ஒரு சென்டிகிரேடு வெப்பநிலைவாட்டம் இருக்கும்போது ஒரு விநாடியில் அதனூடே பரவும் வெப்பத்தின் அளவு அப் பொருளின் வெப்பங்கடத்துதிறன் எனப்படும்.

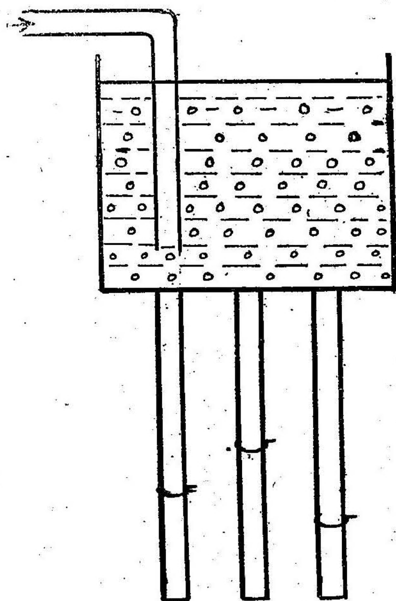
எனவே வெப்பங்கடத்துதிறனை

கேலரிகள்/விநாடி/ச.செ.மீ./ ஓர் அலகு வெப்பநிலை வாட்டம் என்னும் அலகால் குறிப்பிடலாம்.

## வெவ்வேறு உலோகங்களின் வெப்பங் கடத்துதிறனை ஒப்பிடுதல்

இதற்குத் தேவையான அமைப்பைப் படம் 5.23-ல் காணலாம். வெப்பங்கடத்துதிறன்கள் ஒப்பிடப்படவேண்டிய

உலோகங்களாலான, ஒரே அளவு விட்டமுள்ள, ஒரே அளவுக்கு மெருகேற்றப்பட்ட மெல்லிய உலோகத் தண்டுகள்



படம் 5.23

உருளை வடிவக் கலம் ஒன்றின் அடிப்பகுதியில் செருகப்பட்டிருக்கின்றன. ஒவ்வொரு கோலிலும் ஒரு நழுவு குறிமுள் (sliding index) உள்ளது.

சோதனையைச் செய்ய நழுவு குறிமுள்களை உலோகத் தண்டுகளின் உச்சியில் வைத்து, தண்டுகளுக்கு மெல்லிய மெழுகுபூச்சு ஒன்று கொடுக்கவும். கலத்தைச் செங்குத்தாக ஒரு தாங்கியில் பொருத்தி அதனுள் கொதிநீரை ஊற்றவும். நீரினுள் நீராவியைச் செலுத்துவதன் மூலம் அதன் வெப்பநிலை மாருமலிருக்கும்படி செய்யலாம். இதனால் தண்டுகள் வெப்பமடைந்து அவற்றின்மீது பூசப்பட்டுள்ள மெழுகு உருகத் தொடங்கும். எனவே, குறிமுள்கள் கீழே நழுவும். சுமார் அரைமணி நேரத்திற்குப்பின் குறிமுள்கள் தண்டுகளில் வெவ்வேறு இடங்களில் நிலைத்து நிற்கும். இந்த இடங்களில் தண்டுகளின் வெப்பநிலை மெழுகின் உருகுநிலைக்குச் சமமாக இருக்கும். வெவ்வேறு தண்டுகளில் மெழுகு உருகியிருக்கும் நீளங்களைக் குறித்துக் கொள்ளவும். அவை $l_1$, $l_2$, $l_3$ எனவும்,

அந்தந்தக் கோல்களின் உலோகங்களின் வெப்பங்கடத்து திறன்கள் $K_1$, $K_2$, $K_3$ எனவும் கொள்வோமாஞல்,

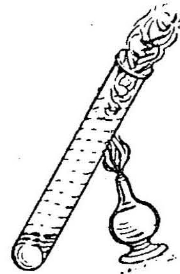
$$K_1 : K_2 : K_3 :: l_1^2 : l_2^2 : l_3^2$$

**எளிதிற் கடத்திகளும் அரிதிற் கடத்திகளும்** (Good conductors and bad conductors)

பாதரசம் உட்பட எல்லா உலோகங்களும் வெப்பத்தை மிக எளிதில் கடத்துகின்றன. அவை எளிதிற் கடத்திகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. திரவங்கள், வாயுக்கள், கண்ணுடி, தக்கை, மரம், எபொனைட், இரப்பர், கல்நார் போன்ற பொருள்களின் வழியாக வெப்பம் எளிதாகப் பரவுவதில்லை. அத்தகைய பொருள்கள் அரிதிற் கடத்திகள் என அழைக்கப் படுகின்றன.

**சில சோதனைகள்**

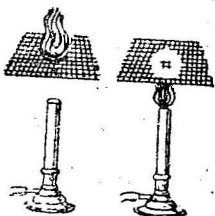
நீர் ஒரு சிறந்த அரிதிற் கடத்தி என்பதற்குக் கீழ்வரும் சோதனை நல்லதோர் எடுத்துக்காட்டு ஆகும். சோதனைக் குழாய் ஒன்றை 0°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீரால் நிரப்பவும். அதன் அடிப்பாகத்தில் பனிக்கட்டி ஒன்றை வைத்து அது நீரில் மிதக்காமல் இருக்க கம்பிவலை ஒன்ருல் மூடவும் [படம் 5.24]. இப்போது சோதனைக் குழாயைச் சிறிது சாய்வாகத் தாங்கி அதன் மேற்பகுதியில் உள்ள நீரைக் கொதிநிலைக்குச் சூடேற்ற வும். அவ்வாறு சூடேற்றிய பின்பும் குழாயின் அடிப்பகுதியில் உள்ள பனிக் கட்டி பெரும்பகுதி உருகாமல் இருப் பதைக் காணலாம். இதனுல் குழாயின் மேற்பகுதியிலிருந்து அடிப்பகுதிக்கு மிகக் குறைந்த வெப்பமே பரவுகிறது என்பது புலப்படுகிறது. அதாவது நீர் ஒரு சிறந்த அரிதிற் கடத்தி என்பது புலப் படுகிறது.



படம் 5.24

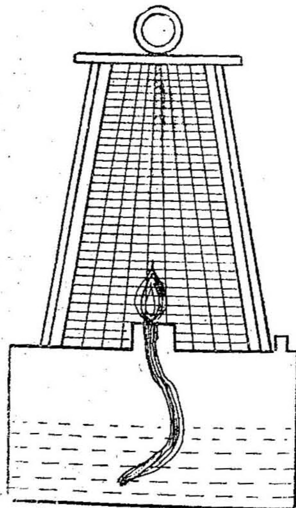
தாமிரக்கம்பி ஒரு மிகச் சிறந்த எளிதிற் கடத்தி என்பதைக் கீழ்க்காணும் சோதனைகளிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம். புன்சன் சூடேற்றிக்குச்(bunsen burner) சற்று மேலே ஒரு கம்பி வலையைப் பிடித்து எரிவாயுவைத் திறந்துவிட்டுக் கம்பிவலைக்கு மேல் தீவைத்தால், வலைக்குமேல் வாயு எரிவதையும், வலைக்குக்கீழ் தீச்சுடர் பரவாமல் இருப்பதையும் காணலாம்.

[படம் 5.25*a*] கம்பிவலை சிறந்த எளிதிற் கடத்தியாதலால் வலைக்குக்கீழ் உள்ள வாயு எரிநிலையை (ignition point) அடையாவண்ணம் வெப்பத்தை விரைவில் அப்புறப்படுத்தி விடுகிறது. எனவேதான் கம்பிவலையின் கீழ் தீச்சுடர் பரவுவதில்லை.


(a) (b)
படம் 5.25

இவ்வாறே கம்பிவலைக்குக் கீழ் தீவைத்தால் தீச்சுடர் வலைக்குமேல் பரவுவதில்லை [படம் 5.25*b*].

இந்தக் கோட்பாட்டினை அடிப்படையாகக் கொண்டு சுரங்கத் தொழிலாளர்களால், சுரங்கத்தினுள் கையாளப்படும் காப்பு விளக்கு ஒன்றை டேவி (Davy) என்னும் விஞ்ஞானி அமைத்தார். அது டேவி காப்பு விளக்கு (Davy's safety lamp) என்று அழைக்கப்படுகிறது. சுரங்கத்தினுள் மெத்தேன் (Methane) போன்ற எரிவாயுக்கள் இருக்குமாதலால், வழக்கமாக நாம் பயன்படுத்தும் விளக்குகளை எடுத்துச் செல்வது ஆபத்தானது ஆகும். டேவி காப்பு விளக்கின் அமைப்பைப் படம் 5.26-ல் காணலாம் இவ் விளக்கில் வழக்கமாகப் பயன்படும் எண்ணெய் விளக்கின் தீச்சுடர் ஒரு கம்பிவலையால் சூழப்பட்டிருக்கிறது. எனவே, தீச்சுடரின் வெப்பம் எரிவாயுவை அடைவதில்லை. மேலும், சுரங்கத்தினுள் எரிவாயு எதுவும் இருப்பின் கம்பிவலைக்குள் சென்று அவைகளுக்குரிய வண்ணத்தோடு விளக்குச் சுடரின் உச்சிப் பகுதியில் எரிகின்றன. எனவே, இவ் விளக்கு எரிவாயு தீப்பிடிப்பதைத் தடுப்பதுடன் அது இருத்தலையும் தெரிவித்து எச்சரிக்கிறது.


படம் 5·26

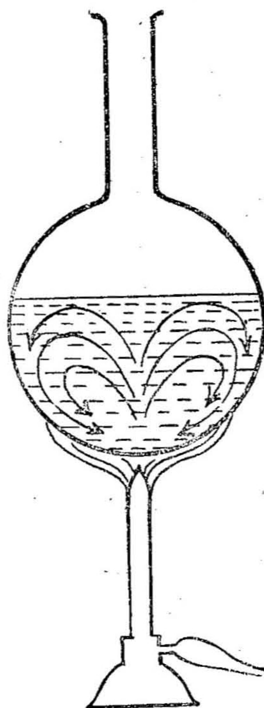
**எளிதிற் கடத்திகள் அரிதிற் கடத்திகள் ஆகியவற்றின் பயன்கள்**

எளிதிற் கடத்திகளைக் கொண்டு சமையற் கலங்களும், கொதிகலங்களும் செய்யப்படுகின்றன. இவை அவற்றிலுள்ள பொருள்களுக்கு விரைவில் வெப்பத்தைக் கடத்துகின்றன.

அரிதிற் கடத்திகள் ஒரு பொருளின் வெப்ப இழப்பையோ அல்லது வெப்ப ஏற்பையோ தவிர்க்கப் பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாகப் பனிக்கட்டிகள் சுற்றுப்புறத்திலிருந்து வெப்பத்தை ஏற்று உருகுவதைத் தவிர்க்க அவை மரத் தூளால் மூடப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம்.

### வெப்பச் சலனம்

நீர் நிறைந்த ஒரு குடுவையின் அடிப்பகுதியில் சிறிது மரத்தூளை இட்டு அதனைச் சூடாக்குவதாகக் கொள்வோம். இப்போது மரத்தூள்கள் குடுவையின் நடுப்பகுதியில் மேலெழுந்து பின்னர் பக்கங்களின் வழியாகக் கீழிறங்குவதைக் காணலாம் [படம் 5.27]. மரத் தூள்களின் இயக்கத்தைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம். குடுவையிலுள்ள நீர் சூடேற்றப்படும்போது சுடருக்கு அருகிலுள்ள நீர்ப் பகுதி சூடேற்றப் படுவதால் அதன் செறிவு மேற்பகுதியிலுள்ள நீரின் செறிவை விடக் குறைகிறது. எனவே, அது மேலெழுகிறது. அத்துடன் மரத்தூள்களும் மேலெழுகின்றன. அதே நேரத்தில் மேற்பகுதியிலுள்ள நீர் குடுவையின் அடிப்பகுதிக்கு இறங்குவதால் மரத் தூள்கள் குடுவையின் பக்கங்களில் கீழிறங்குகின்றன. இவ்வாறாகத் திரவத்தின் ஒவ்வொரு பகுதியும் சூடேற்றப்படும் இடத்திற்கு வந்து வெப்பமுறும் முறை வெப்பச்சலனம் என அழைக்கப்படுகிறது. இம் முறையில் திரவங்களிலும் வாயுக் களிலும் மட்டுமே வெப்பம் பரவுகிறது.

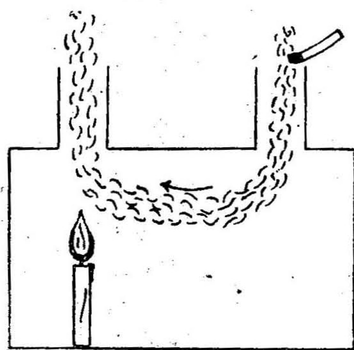


படம் 5.27

வெப்பமுற்ற துகள்கள் ஓரிடத்தினின்றும் மற்றோரிடத்திற்குச் செல்லுவதால் வெப்பம் பரவு முறைக்கு வெப்பச் சலனம் என்று பெயர்.

காற்றிலும் வெப்பச் சலனம் இருப்பதைக் கீழ்க்காணும் சோதனையின் மூலம் விளங்கிக் கொள்ளலாம். உச்சிப்

பகுதியில் இரு செங்குத்துக் குழாய்கள் பொருத்தப்பட்ட ஒரு மரப்பெட்டியை எடுத்துக்கொள்வோம் [படம் 5.28]. ஒரு



படம் 5.28

செங்குத்துக் குழாயின்கீழ் பெட்டியினுள் ஓர் எரியும் மெழுகு வத்தியை வைத்து, மற்றொரு குழாயின் அருகில் ஒரு புகையும் தாளையும் பிடித்தால், புகை அக்குழாயின் வழியே பெட்டியினுள் நுழைந்து மெழுகுவத்திக்கு நேர் மேலேயுள்ள குழாயின் வழியாக வெளியெறுவதைக் காணலாம். சுடருக்கு அருகிலுள்ள காற்று சூடேறுவதால் அது வத்திக்கு மேலுள்ள குழாயின் வழியே மேலேறுகிறது. எனவே, வெளிக்காற்று மற்றொரு குழாயின் வழியாக பெட்டிக்குள் நுழைகிறது. இதனுல் காற்றிலும் வெப்பச் சலனம் இருப்பதை அறியலாம்.

**வெப்பச்சலனத்தின் விளைவுகள்**

நிலக்காற்றும் கடற்காற்றும் வெப்பச்சலனத்தால் ஏற்படும் விளைவுகளாகும். கடற்கரைப் பகுதிகளில் பகல் நேரங்களில் கடல்மட்டத்திலிருந்து நிலம் நோக்கியும், இரவு நேரங்களில் நிலமட்டத்திலிருந்து கடல் நோக்கியும் காற்று வீசுகிறது. இவை முறையே கடற்காற்று (sea breeze) என்றும், நிலக்காற்று (land breeze) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. கடல் நீரின் வெப்ப எண்ணை விட நிலப்பரப்பின் வெப்ப எண் குறைவாயிருப்பது இக் காற்றுகளுக்குக் காரணமாகும்.

பகல் நேரங்களில் கடல்நீரைக் காட்டிலும் நிலமட்டம் விரைவில் சூடேறிவிடுகிறது. எனவே, நிலமட்டத்திற்கு மேலுள்ள காற்றுப் படலமும் வெப்பமுற்று மேலெழுகிறது; அவ்விடத்தை நிரப்பக் கடல்மட்டத்திலிருந்து நிலம்நோக்கிக் காற்று விரைந்து கடற்காற்றை உருவாக்குகிறது.

இரவு நேரங்களில் நிலமட்டம் விரைவில் குளிர்ந்து விடுகிறது. ஆனால், கடல்நீர் கதகதப்பான நிலையிலேயே உள்ளது. எனவே, கடல்மட்டத்தின் மேலுள்ள காற்றுப் படலம் வெப்பமுற்று மேலெழுகிறது; அவ்விடத்தை நிரப்ப நிலமட்டத்திலிருந்து கடல்நோக்கி காற்று விரைகிறது. இதுவே நிலக்காற்று ஆகும்.

**காற்றோட்டம்:** நாம் வசிக்கும் வீடுகளில் தொடர்ச்சியான தூய காற்றோட்டம் இருப்பது மிகவும் அவசியம். எனவே, தான் வீடுகளில் பலகணிகளும் (windows), அவற்றிற்குமேல் காற்றோட்டப் புழைகளும் (ventilators) பொருத்தப்படுகின்றன. நாம் வெளிவிடும் காற்று இலேசாக இருப்பதால் காற்று மேலெழுந்து காற்றோட்டப் புழைகளின் வழியாக வெளியேறுகிறது. எனவே, பலகணியின் வழியாகத் தூய்மையான வெளிக் காற்று அறைக்குள் நுழைகிறது. அவ்வாறே தொழிற்சாலையினுள் பெருமளவில் உருவாகும் புகை வளிமண்டலத்தின் உயரப் பகுதிகளுக்கு அவற்றில் அமைக்கப்பட்ட புகை போக்கிகளின் வழியாகச் செல்லுகிறது. எனவே, தொழிற்சாலையினுள்ளும் தூய்மையான காற்றோட்டம் நிலவுகிறது.

### வெப்பக் கதிர் வீசல்

சூரியனுக்கும் இந் நிலவுலகிற்கும் இடையேயுள்ள தொலைவில் பெரும் பகுதி வெற்றிடமாயினும் சூரியனிடமிருந்து வெப்ப ஆற்றலை நாம் பெறுகிறோம். இத்தகைய வெப்பம் பரவு முறை வெப்பக் கதிர் வீசல் எனப்படுகிறது.

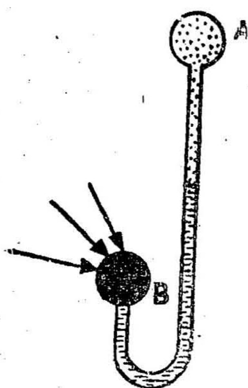
**ஊடகம் ஒன்றின் உதவியில்லாமலேயே வெப்பம் பரவு முறை வெப்பக் கதிர் வீசல் என அழைக்கப்படுகிறது.**

வெப்பக் கடத்தல், வெப்பச் சலனம் ஆகிய முறைகளில் மிக மெதுவாகவே வெப்பம் பரவுகிறது. ஆனால், வெப்பக் கதிர் வீசல் முறையிலோ மிக அதிக வேகத்துடன், அதாவது வினாடிக்கு 3 லட்சம் கிலோமீட்டர் வேகத்தில் பரவுகிறது. இவ்வாறு பரவும் வெப்பம் **வீசுவெப்பம்** (radiant heat) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இத்தகைய முறையில் நடுவிலுள்ள பொருள்கள் வீசுவெப்பத்தை உட்கவர்ந்தாலொழிய அவை வெப்பமுறுவதில்லை.

### வீசுவெப்பத்தைக் கண்டுணரும் கருவிகள்

வீசுவெப்பத்தைக் கண்டுணர்வதற்குப் பயன்படும் கருவிகளுள் மிக எளிய அமைப்பைக்கொண்டது

ஈதர் வெப்பம் காட்டி (ether thermoscope) என்னும் கருவியாகும். இதில் படம் 5.29-ல் காட்டியுள்ளபடி வளைக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாயின் இரு முனைகளிலும் $A$, $B$ என்ற இரு கண்ணாடிக் குமிழ்கள் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. குமிழும் கண்ணாடிக் குழாயும் ஈதர் திரவத்தாலும், ஈதர் ஆவியாலும் நிரப்பப்பட்டிருக்கின்றன. குமிழ்களுள் ஒன்று கருமைப் படுத்தப்பட்டிருக்கிறது. இதனால் அந்தக் குமிழ் அதன் மீது படும் வீசுவெப்பத்தை மிக நன்றாக உட்கவருகிறது.



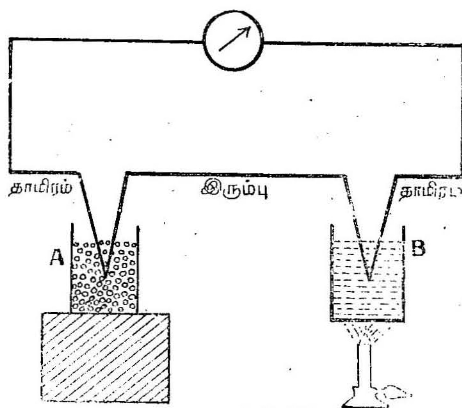
படம் 5.29

கருமைப்படுத்தப்பட்ட குமிழின் மீது வீசுவெப்பம் படும்போது குமிழ் வெப்பத்தை உட்கவருவதால் அதனுள்ளிருக்கும் ஈதர் திரவம், ஈதர் ஆவி ஆகியவற்றின் வெப்பநிலை அதிகமாகிறது. எனவே, இரண்டும் பெருக்கமடைகின்றன. பெருக்கமடையும் ஈதர் ஆவி ஈதர் திரவத்தைக் குழாயினுள் மேல்நோக்கித் தள்ளுகிறது. குழாயில் திரவமட்டம் மேலேறும் உயரம் குமிழின் மீது விழும் வீசுவெப்பத்தின் அளவைக் குறிக்கிறது.

வீசுவெப்பத்தைக் கண்டுணரப் பயன்படும் மற்றொரு கருவி வெப்பங் காட்டி அடுக்கு (thermopile) ஆகும். இது ஓர் உணர்வு நுட்பமிக்க கருவியாகும். இது வெப்ப இரட்டை (thermocouple) என்னும் கருவியின் கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டது.

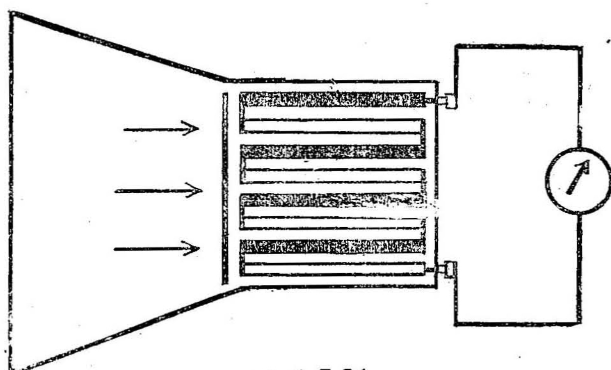
வேறுபட்ட இரு உலோகங்களான கம்பிகளின் இரு சந்திகளே (junctions) வெப்ப இரட்டை என அழைக்கப்படுகின்றன. படம் 5.30-ல் $A$, $B$ என்பவை இரும்பு, தாமிரம் ஆகியவற்றாலான கம்பிகளின் இரு சந்திகளாகும். தாமிரக் கம்பியின் வெளிமுனைகளை ஒரு கால்வனுமீட்டருடன் (galvanometer) இணைக்கவேண்டும். $B$ சந்தியினை உயர் வெப்பநிலையிலும், $A$ சந்தியினை குறைந்த வெப்பநிலையிலும் வைத்தால் கம்பிச் சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் உருவாவதை கால்வனுமீட்டரின் மூலம் அறியலாம். இந்த மின்னோட்டம் வெப்ப மின்னோட்டம் (thermo electricity) என அழைக்கப்படுகிறது.

மின்னோட்டத்தின் அளவு சந்திகளின் வெப்பநிலை வேறு பாட்டிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.




படம் 5.30

வெப்பங்காட்டி அடுக்கில் மேற்கூறப்பட்ட வெப்ப இரட்டைகள் பல ஒன்றேடொன்று தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன [படம் 5.31]. இதில் ஆன்டிமனி,



படம் 5.31

பிஸ்மத் ஆகிய இரு உலோகங்கள் பயன்படுத்தப்படு கின்றன. ஒவ்வோர் இரட்டையும் மற்றவற்றினின்றும் மின் காப்பிடப்பட்டுள்ளது. வெளிமுனைகள் ஓர் உணர்வு நுட்ப மிக்க கால்வனு மீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின் றன. சந்திகள் இரு தொகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு, ஒரு தொகுதி மெருகேற்றப்பட்டு அவற்றின் மீது வீசுவெப்பம் படாவண்ணம் ஓர் உலோக மூடியால் மூடப்பட் டிருக்கிறது. மறு தொகுதி கறுப்புப் பூசப்பட்டிருக்கும்.

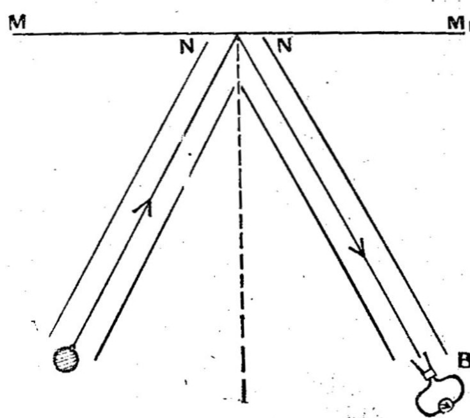
வீசுவெப்பம் இதன்மீது விழும்படி செய்யப்படும். மேலும், இத் தொகுதியுடன் புனல் வடிவ உலோகக் குழாய் ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனுல், அளவிடப்பட வேண்டிய வெப்பமல்லாத வேற்று வெப்பம் இத் தொகுதியின்மீது விழுவது தவிர்க்கப்படுகிறது.

அளவிடப்படவேண்டிய வீசுவெப்பத்தின் திசையை நோக்கிக் கருந்தொகுதியைத் திருப்ப வேண்டும். வீசு வெப்பத்தை அத்தொகுதி உட்கவர்வதால் அதன் வெப்பநிலை அதிகமாகிறது. எனவே, கால்வனுமீட்டரின் வழியாக ஒரு மின்ேனேட்டம் பாய்கிறது. மின்னேட்டத்தின் அளவு வீசு வெப்ப ஆற்றலின் அளவைக் குறிக்கிறது.

**வீசுவெப்பத்தின் பண்புகள்**

மின்காந்த அலைகளுள் வீசுவெப்பம் ஒரு வகையாகும். ஒளிக்கதிர்களைப் போலவே வீசுவெப்பமும் அலைகளாகப் பரவுகிறது. அத்தகைய அலைகளை வெப்பக் கதிர்கள் என அழைக்கிருேம். ஒளிக்கதிர்களைப் போலவே வெப்பக் கதிர்களும் எதிரொளிப்பு (reflection) விதிகள், ஒளி விலகல் (refraction) விதிகள் ஆகியவைகளுக்கு உட்படுகின்றன.

வெப்பக்கதிர்கள் எதிரொளிப்பு விதிகளுக்கு உட்படுவதைப் பின்வரும் சோதனையைக் கொண்டு விளக்கலாம். சோதனைக்கான அமைப்பை படம் 5.32-ல் காணலாம்.




படம் 5.32.

$MM_1$ என்பது மெருகேற்றப்பட்ட ஓர் உலோகத் தகடு; அதன் தளம் செங்குத்தாய் அமையும்படி வைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

$AN$, $NB$ என்பவை கிடைமட்டத்திலுள்ள இரு உலோகக் குழாய்கள். $AN$ என்ற குழாயை உலோகத் தகட்டின் தளத்திற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் சாய்ந்திருக்குமாறு வைத்து, அதன் $A$ முனைக் கருகில் உயர்வெப்பநிலையில் உள்ள ஓர் உலோகக் கோளத்தை வைக்கவும். உலோகக் கோளம் வெப்பக் கதிர்களின் தோற்றுவாயாக அமைகிறது. மற்றொரு குழாயின் $B$ முனையில் ஒரு வெப்பங்காட்டி அடுக்கை வைத்து, குழாயை அடுக்குடன் கிடைதளத்தில் மெதுவாகச் சுற்றவும். குழாய் உலோகத் தகட்டின் தளத்துடன் ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் சாய்ந்திருக்கும்போது மட்டும் அடுக்குடன் இணைக்கப்பட்ட கால்வனுமீட்டர் அதிகமான மின்னோட்டம் காட்டுவதைக் காணலாம். அந்தக் குறிப்பிட்ட கோணம் $AN$ குழாய் தளத்துடன் அமைக்கும் கோணத்திற்குச் சமமாயிருப்பதைக் காணலாம். அதாவது, வெப்பக் கதிரின் படுகோணமும், எதிரொளிப்புக் கோணமும்(angle of reflection) சமமாயிருக்கின்றன. இவ்வாறாக, வெப்பக் கதிர்கள் எதிரொளிப்பு விதிகளுக்கு உட்படுகின்றன என்பதை அறியலாம்.

அடுத்து ஒளிக்கதிர்களைப்போலவே வெப்பக் கதிர்களையும் ஒரு குவிலென்ஸின் (convex lens) உதவியால் ஓரிடத்தில் குவியுமாறு செய்யலாம். ஒரு குவிலென்ஸின்மீது சூரிய ஒளி செங்குத்தாகப் படும்படி லென்ஸைப் பிடிக்கவும். லென்ஸின் கீழ் ஒரு காகிதத் துண்டை வைத்து அதன்மீது மிகச் சிறிய ஒளிப்புள்ளி ஒன்று உருவாகுமாறு லென்ஸைச் சரி செய்யவும். இவ்வாறு செய்வதால் சூரியனிடமிருந்து வரும் வெப்பக் கதிர்கள் லென்ஸின் முக்கியக் குவியத்தில் (principal focus) குவிகின்றன. சிறிது நேரத்தில் காகிதத் துண்டு தீப்பிடித்து எரியும். இச் சோதனையால் வெப்பக் கதிர்கள் ஒளிவிலகல் விதிகளுக்கும் உட்படுகின்றன என்பதை அறியலாம்.

வெப்பக் கதிர்வீச்சு உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு பொருளின் மேற்பரப்பிலிருந்து மட்டுமே நிகழ்கிறது. மேற்பரப்பு அதிகமாகும்போது கதிர்வீச்சும் அதிகமாகிறது. எனவே, கதிர்வீச்சு வீதம் (rate of radiation) பொருளின் மேற்பரப்புக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது. மேலும் மெருகற்ற கருமையான பரப்பு மெருகேற்றப்பட்ட பரப்பைவிட அதிகமான வெப்பக் கதிர்வீச்சைத் தருகிறது. ஒரு பொருளின் கதிர்வீச்சு வீதம் அப் பொருளின் வெப்பநிலைக்கும் சுற்றுப்புற வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வேறுபாட்டைப் பொறுத்திருக்கிறது என்றும் நியூட்டன் அவருடைய சோதனைகளின்மூலம் கண்டார். அவர் செய்த சோதனைகளின் அடிப்படையில் பொருள்

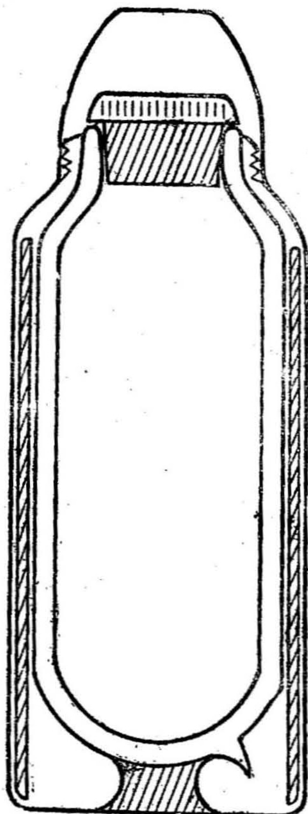
களின் வெப்பமிழப்பினைப் பற்றி ஒரு விதியை நிறுவினார். அது **நியூட்டனின் குளிர்தல் விதி** எனப்படும்.

**நியூட்டனின் குளிர்தல் விதி**

**உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு பொருளின் வெப்பமிழப்பு வீதம் அப் பொருளின் வெப்பநிலைக்கும், சுற்றுப்புற வெப்ப நிலைக்கும் உள்ள வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.**

**தெர்மாஸ் குடுவை** (Thermos flask)

இதனை டிவார் (Dewar) குடுவை என்றும் அழைக்கலாம். இதனுள் வைக்கப்படும் பொருள்கள் அதே வெப்பநிலையில் பாதுகாக்கப் படுகின்றன. அதாவது, சூடான பொருள்கள் சூடாகவும், குளிர்ந்த பொருள்கள் குளிர்ச்சியாகவும், நெடுநேரத் திற்குப் பாதுகாக்கப்படுகின்றன.



படம் 5.33

இதில் இரட்டைச் சுவர்களை யுடைய ஒரு நீண்ட கண்ணாடிக் கலம் உள்ளது [படம் 5.33]. இரு சுவர்களுக்குமிடையே வெற்றிட மாக்கப்பட்டிருக்கிறது. மேலும், உட்சுவரின் வெளிப்புறமும் வெளிச்சுவரின் உட்புறமும் வெள்ளிப் பூச்சிடப்பட்டு மிக நன்றாக மெருகேற்றப்பட் டிருக்கின்றன. இந்தக் கண்ணாடிக் கலம் ஓர் உலோக உறையினுள் வைத்துப் பாதுகக்காகப்பட் டிருக்கிறது. உறைக்கும் கண்ணாடிக் கலத்திற்கும் இடையேயுள்ள இடைவெளி அரிதிற் கடத்திகளால் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது. கண்ணாடிக் கலம் ஒரு தக்கையால் (இதுவும் ஒரு அரிதிற் கடத்தியே) மூடப்பட் டிருக்கிறது.

அரிதிற் கடத்திகள் காரணமாக வெப்பம் குடுவையினின்றும் வெளியே செல்லவோ அல்லது வெளியிலிருந்து குடுவையி னுள் நுழையவோ முடியாது. கலத்தின் இரட்டைச்

சுவர்களுக்கிடையே வெற்றிடமிருப்பதால் அதன்வழியாகவும் வெப்பக் கடத்தலோ, வெப்பச் சலனமோ நிகழ முடியாது. கலத்தின் சுவர்கள் நன்ருக மெருகேற்றப்பட்டிருப்பதால் வெப்பக் கதிர்வீச்சும் பெரிதும் தவிர்க்கப்படுகிறது. உள்ளிருக்கும் வெப்பம் கதிர்வீச்சின் மூலம் வெளியேற முயன்ருல் உட்சுவரின் வெளிப்புறத்தின் மீதுள்ள வெள்ளிப் பூச்சால் திரும்பவும் குடுவையினுள்ளேயே எதிரொளிக்கப்படுகிறது. அவ்வாறே, வெளிவெப்பம் உட்புக முயன்ருல் வெளிச்சுவரின் உட்புறத்திலுள்ள வெள்ளிப் பூச்சால் வெளிப்புறமாக எதிரொளிக்கப்படுகிறது. இவ்வாருக வெப்பக் கடத்தல், வெப்பச் சலனம், வெப்பக் கதிர்வீசல் முறைகளில் வெப்பம் பரவுதல் தவிர்க்கப்படுகிறது; குடுவையினுள் வைக்கப்பட்ட பொருள்களின் வெப்பநிலை காக்கப்படுகிறது.

## விஞக்கள்

1. வெப்பக் கடத்தல், வெப்பச் சலனம், வெப்பக் கதிர்வசல் ஆகியவற்றை விளக்கிக் கூறுக.

தெர்மாஸ் குடுவையின் செயல்முறையை விளக்கிக் கூறுக.

2. டேவி காப்பு விளக்கு, கடற்காற்று, நிலக்காற்று ஆகியவற்றைப் பற்றிச் சிறுகுறிப்புகள் வரைக.

3. வீசுவெப்பத்தின் பண்புகளை விளக்கிக் கூறவும். நியூட்டனின் குளிர்தல் விதியைக் கூறுக.

4. ஒரு பொருளின் வெப்பங்கடத்துதிறனை வரையறுத்துக் கூறுக. இரு பொருளின் வெப்பங்கடத்துதிறன்களை ஒப்பிடுவதற்கான சோதனையை விளக்குக.

5. 120 ச.செ.மீ. மேற்பரப்பும், 0·2 செ.மீ. தடிப்பும் உள்ள ஒரு கண்ணுடிக்கலம் 0°C வெப்பநிலையில் உள்ள பனிக்கட்டியால் நிரப்பப்பட்டு, 92°C வெப்பநிலையிலுள்ள ஓர் அறையினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. வெப்பம் பரவுதல் சீரான நிலையிலிருக்கும்போது ஒரு நிமிடத்தில் உருகும் பனிக்கட்டியின் நிறையைக் கணக்கிடுக (நீரின் உள்ளுறை வெப்பம் =80 கேலரிகள்/கிராம், கண்ணுடியின் வெப்பங் கடத்துதிறன் =0·00185). [76·6 கிராம்]

# 6. ஒளியியல்
## (Light)

ஒளியும் ஒருவித ஆற்றலே. ஒளி ஆற்றல் நம் காட்சிப் புலனுணர்வைத் தூண்டி நமக்குப் பார்வையளிக்கிறது. சூரியன், விண்மீன்கள், மின்விளக்குகள், மின்மினிப் பூச்சிகள் போன்ற தாமாகவே ஒளிவிடும் பொருள்களை ஒளிர்பொருள்கள் (Luminous) என்றும், மற்றவைகளை ஒளிராப் பொருள்கள் (Non luminous) என்றும் அழைக்கலாம். ஒளிதரும் பொருள்களிலிருந்து புறப்படும் ஒளியாற்றல் நம் கண்களை வந்தடைவதால் நாம் அவற்றைப் பார்க்க முடிகிறது. ஒளிராப் பொருள்கள் ஒளிதரும் பொருள்களினின்றும் வரும் ஒளிக்கதிர்களை எதிரொளிப்பதன் மூலம் நம் கண்களுக்குப் புலப்படுகின்றன.

ஒளி ஆற்றல் மிக வேகமாக இயங்கக் கூடியது. அது வினாடிக்கு மூன்று இலட்சம் கிலோமீட்டர் வேகத்தில் செல்லும். இதுவே பெருமவேகம் என்பது ஐன்ஸ்டீன் (Einstein) கருத்தாகும்.

### மூவகைப் பொருள்கள்

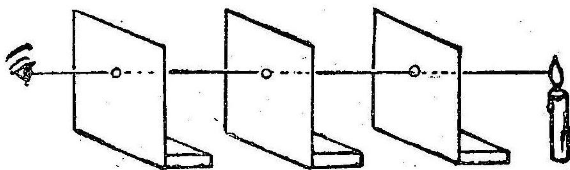
கண்ணாடி, நீர், காற்றுப் போன்ற பொருள்களில் ஒளி ஊடுருவிச் செல்லமுடியும். அத்தகைய பொருள்கள் ஒளிபுகு பொருள்கள் (transparent substances) என அழைக்கப்படுகின்றன. மரம், இரப்பர், உலோகத் தகடு, பாதரசம் போன்ற பொருள்களின்வழியே ஒளி செல்லுவதில்லை. அவை ஒளிபுகாப் பொருள்கள் (opaque sudstances) என அழைக்கப்படுகின்றன. இவற்றையன்றி மூன்றாவது வகைப் பொருள்களும் உள்ளன. அவை தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடி, எண்ணெய்த்தாள் போன்ற பொருள்களாகும். இவற்றின்மீது விழும் ஒளியின் ஒரு பகுதியே அவற்றை ஊடுருவிச் செல்ல முடியும். அவை,

**ஒளிகசிவுப் பொருள்கள்** (transluscent substances) எனப் பெயர் பெறுகின்றன.

**ஒளியின் நேர்கோட்டு இயக்கம்** (Rectilinear propagation of light)

ஓரியல்பான (homogenous) ஊடகம் ஒன்றின் வழியே செல்லும்போது ஒளி நேர்கோட்டிலேயே செல்லுகிறது. இதனையே ஒளியின் நேர்கோட்டு இயக்கம் என அழைக்கிறோம்.

ஒளியின் நேர்கோட்டு இயக்கத்தை மிக எளிய சோதனை ஒன்றின் மூலம் காணலாம். ஒரே உயரத்தில் சிறு துளையிடப் பட்ட மூன்று தடுப்புகளைத் துளைகள் ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு வைத்து அவற்றின் ஒரு பக்கத்தில் எரியும் மெழுகுவத்தி ஒன்றை வைக்கவும் [படம் 6.1]. இப்போது



படம் 6.1

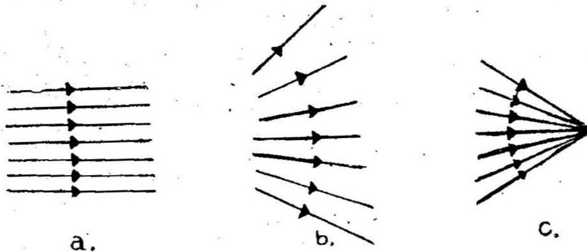
தடுப்புகளின் மறுபுறத்திலிருந்து வத்தியின் சுடரைக் காண முடியும். ஆனால், தடுப்புகளுள் ஒன்றைச் சிறிதேனும் அசைத்தாலும் சுடர் மறைந்து விடுவதைக் காணலாம். இதிலிருந்து, ஒளி நேர்கோட்டில் இயங்குகிறது என்பதை அறியலாம்.

**ஒளிக்கதிரும் ஒளிக்கற்றைகளும்**

ஒளி செல்லும் நேர்கோடு ஒளிக்கதிர் என அழைக்கப் படுகிறது. இலட்சிய (ideal) நேர்கோடு ஒன்றை வரைய முடியாதாகையால் (வடிவியல் — geometry — இலக்கணப்படி நேர்கோடு என்பது பரப்பளவு அற்ற, நீளம் மட்டுமே கொண்ட ஒரு வரைவடிவமாகும்) ஒற்றை ஒளிக்கதிர் ஒன்றையும் நாம் பெறமுடியாது; பல ஒளிக்கதிர்கள் கொண்ட ஒளிக்கற்றை ஒன்றையே நாம் பெறமுடியும். ஒளிக்கற்றையி லுள்ள ஒளிக்கதிர்கள் தன்மையைப் பொறுத்து மூவகை ஒளிக்கற்றைகள் உள்ளன.

ஒரு ஒளிக்கற்றையிலுள்ள கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்குமாயின் அதனை **இணைகற்றை** (parallel beam) என்று அழைக்கிறோம் [படம் 6.2*a*] ஒளிக்கற்றையிலுள்ள

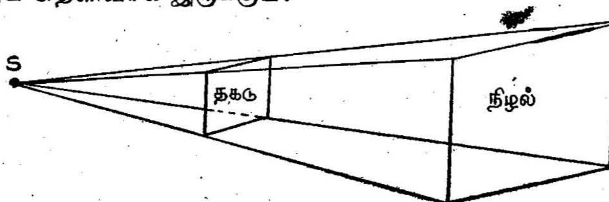
கதிர்கள் ஒன்றையொன்று விட்டு விலகுமாறு, அதாவது, ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரியுமாறு அமையுமாயின் அதனை **விரிகற்றை** (divergent beam) என அழைக்கிறோம் [படம் 6.2*b*]. மாறாகக் கற்றையிலுள்ள கதிர்கள் ஒன்றையொன்று நெருங்குமாறு, அதாவது, ஒரு புள்ளியை நோக்கிக் குவியுமாறு அமைத்தால் அதனைக் **குவிகற்றை** (convergent beam) என்று அழைக்கிறோம் [படம் 6.2*c*].



படம் 6.2

**நேர்கோட்டு இயக்கத்தின் விளைவுகள்**

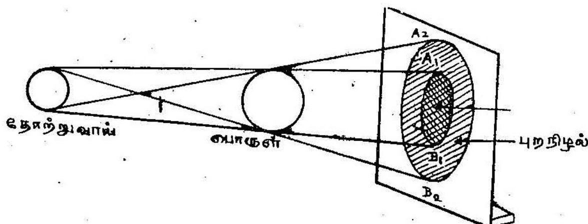
ஒளியின் இப் பண்பினால் ஏற்படும் நேரடி விளைவு நிழல் (shadow) உருவாதலாகும். புள்ளி அளவான ஓர் ஒளித் தோற்றுவாய்க்கும் ஒரு திரைக்கும் இடையே ஓர் உலோகத் தகட்டைப் பிடித்தால் திரையில் தகட்டின் வடிவையொத்த கரும்பகுதி ஒன்று தெரியும். இது, தகட்டின் நிழல் எனப்படுகிறது. நிழலை உருவாக்கும் பொருளின் அளவை நோக்குமிடத்து ஒளித்தோற்றுவாயின் அளவைப் பொறுத்து, நிழலின் இயல்புகள் மாறுபடும். காட்டாக, புள்ளி அளவான ஒளித்தோற்றுவாயின் ($S$) முன் ஒரு சதுரமான தகட்டைப் பிடித்தால் நிழலும் சதுரமாக அமையும் [படம் 6.3]. மேலும் நிழலும் தெளிவாக இருக்கும்.



படம் 6.3

ஒளித்தோற்றுவாய் பெரிய அளவினதாய் இருப்பின் நிழலில் இரு பகுதிகள் இருக்கும். இரு பகுதிகளில் ஒன்று நடுப்பகுதி; இது கருமை மிக்கதாக இருக்கும். இதனை

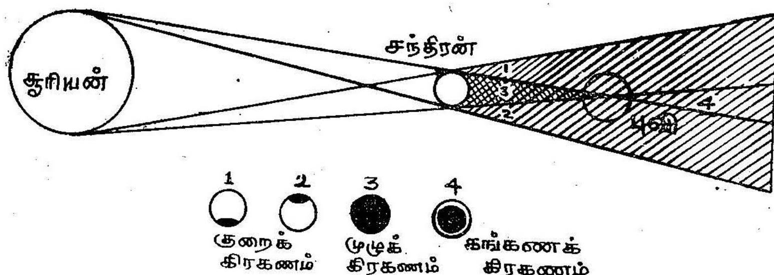
**அகநிழல்** (umbra) என அழைக்கிறோம். மற்றொன்று அக நிழலைச் சூழ்ந்திருக்கும்; கருமை குன்றியிருக்கும். இது **புறநிழல்** (penumbra) எனப்படும் [படம் 6.4].




படம் 6.4

**கிரகணங்கள்** (Eclipses)

**சூரிய கிரகணம்** (Solar eclipse): இது சூரியனுக்கும் புவிக்கும் இடையே சந்திரன் வரக்கூடிய இருள்மதியாம் அமாவாசை நாள்களில் ஏற்படும். இந் நிலையில் புவிமீது சந்திரனின் நிழல் விழுகிறது. ஒரு பகுதியில் விழும் நிழலின் இயல்பைப் பொறுத்து அந்தப் பகுதியில் முழுக் கிரகணமோ, குறைக்கிரகணமோ அல்லது கங்கணக் கிரகணமோ (annular eclipse) தோன்றும். படம் 6.5 சூரியகிரகணம் ஏற்படுவதை

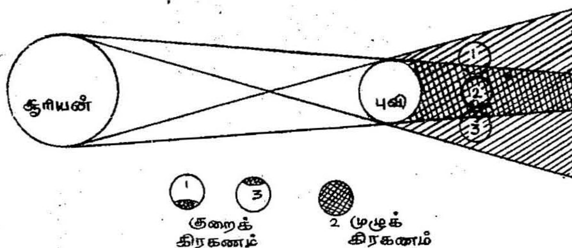



படம் 6.5

விளக்குகிறது. படத்தில், 1, 2 என்று குறிப்பிடப்பட்ட பகுதிகளில் குறைக்கிரகணமும், 3 என்ற பகுதியில் முழுக் கிரகணமும் தோன்றும். நில உலகு 4 என்ற பகுதியில் இருக்க நேருமேயானால் கங்கணச் சூரிய கிரகணம் தோன்றும்.

**சந்திர கிரகணம்** (Lunar eclipse): இது சந்திரனும் சூரியனும் புவிக்கு இரு புறங்களிலும் அமையக்கூடிய முழுமதியாம் பௌர்ணமி நாள்களில் ஏற்படும். இந் நிலையில் நிலவுலகின் நிழலுக்குள் சந்திரன் செல்லுகிறது. நிழலுக்குள்

சந்திரனின் நிலையைப் பொறுத்து முழுக் கிரகணமோ அல்லது குறைக்கிரகணமோ தோன்றும்; கங்கணச் சந்திர கிரகணம்




படம் 6.6

ஏற்பட இயலாது. படம் 6.6 சந்திர கிரகணம் ஏற்படுவதை விளக்குகிறது.

## வினாக்கள்

1. ஒளியின் நேர்கோட்டு இயக்கம் என்றால் என்ன? அதன் விளைவுகள் யாவை?
2. கிரகணங்கள் உருவாதலை விளக்குக.

### எதிரொளிப்பு (Reflection)

ஓர் ஊடகத்தின்வழியே செல்லும் ஒளிக்கற்றை ஒன்று ஒளிபுகாப் பொருள் ஒன்றின் பரப்பின்மீது விழும்போது ஊடகத்தினுள்ளேயே திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. இந் நிகழ்ச்சி பிரதிபலித்தல் அல்லது எதிரொளிப்பு எனப்படும்.

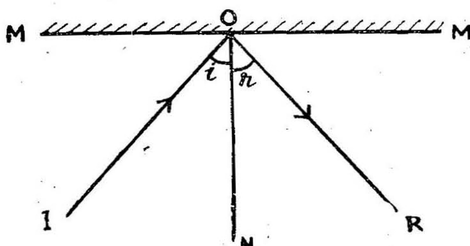
இணைகற்றை ஒன்று பளபளப்பான சமதளப் பரப்பின் மீது விழும்போது அது இணைகற்றையாகவே திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. இது, ஓர் ஒழுங்கான எதிரொளிப்பு எனப்படும். பரப்பு ஒழுங்கற்றதாக அமையுமாயின் ஒளிக் கதிர்கள் எல்லாத் திசைகளிலும் சிதறடிக்கப்படுகின்றன. இதனை ஒளிச்சிதறல் (scattering) என்று கூறுகிறோம்.

### சமதள ஆடிகள் (Plane mirrors)

ஒழுங்கான எதிரொளிப்பை ஏற்படுத்தக்கூடிய வழவழப்பான சமதளப்பரப்பு சமதள ஆடி என அழைக்கப்படுகிறது. ஆடிமீது விழும் கதிர் **படுகதிர்** (incident ray) என்றும், ஆடியால் எதிரொளிக்கப்படும் கதிர் **எதிரொளிக் கதிர்** (reflected ray)

என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. ஆடிமீது படுகதிர் விழுமிடம் **படுதானம்** (point of incidence) என அழைக்கப்படுகிறது. ஆடியின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் கோடு **லம்பம்** (normal) என அழைக்கப்படுகிறது.

படுகதிருக்கும் லம்பத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணம் **படுகோணம்** (angle of incidence) என்றும், எதிரொளிக் கதிருக்கும் லம்பத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணம் **எதிரொளிக் கோணம்** (reflected ray) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.




படம் 6.7

படம் 6.7-ல் $MM$ என்பது ஆடிப்பரப்பைக் குறிக்கிறது; $IO$ என்பது படுகதிர், $OR$ என்பது எதிரொளிக் கதிர், $O$ என்பது படுதானம், $ON$ என்பது ஆடிக்குப் படுதானத்தில் வரையப்பட்ட லம்பம். $I\hat{O}N$ என்பது படுகோணம் (i), $N\hat{O}R$ என்பது எதிரொளிக்கோணம் ($r$).

எதிரொளிப்பு சில விதிகளுக்குட்பட்டே நிகழ்கிறது. அவை எதிரொளிப்பு விதிகள் எனப்படுகின்றன.

### எதிரொளிப்பு விதிகள்

**1. படுகதிர், எதிரொளிக்கதிர், படுதானத்தில் வரையப்படும் லம்பம் ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.**

**2. படுகோணமும் எதிரொளிக் கோணமும் சமமாகும்.** இரண்டாம் விதிப்படி படம் 6.7-ல் $i = r$.

### லம்ப எதிரொளிப்பு (Normal reflection)

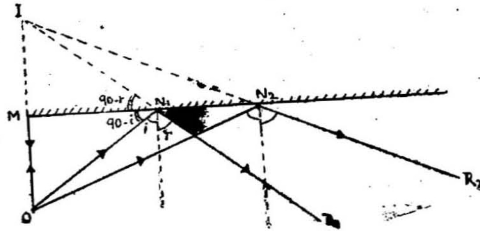
படுகதிர் லம்பத்தின்வழியே செல்லும்போது படுகோணம் சுழியாதலால் எதிரொளிக் கோணமும் சுழியாகும். எனவே, எதிரொளிக் கதிரும் லம்பத்தின்வழியே செல்லும். இத்தகைய எதிரொளிப்பு லம்ப எதிரொளிப்பு எனப்படும்.

**பிம்பங்கள்** (Images)

புள்ளியளவு தோற்றுவாயிலிருந்து கிளம்பும் ஒளிக் கதிர்களை மற்றொரு புள்ளியில் குவியும்படியோ, அல்லது மற்றொரு புள்ளியிலிருந்து புறப்படுவதாகத் தோன்றும்படியோ செய்தால் அப்புள்ளியில் தோற்றுவாயின் பிம்பம் தோன்றும். கதிர்கள் உண்மையிலேயே ஒரு புள்ளியில் குவியுமாயின் அப் புள்ளியில் தோன்றும் பிம்பம் மெய்ப் பிம்பம் (real image) என அழைக்கப்படுகிறது. மாறாக, ஒரு புள்ளியிலிருந்து கதிர்கள் புறப்படுவதாகத் தோன்றுமாயின் அப் புள்ளியில் மாயபிம்பம் தோன்றும். மெய்ப்பிம்பத்தை ஒரு திரையில் விழச் செய்யலாம். ஆனால், மாயபிம்பத்தைத் திரையில் காண முடியாது.

**சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பம்**

படம் 6.8-ல் $MN_1N_2$ என்பது ஆடிப்பரப்பையும், $O$ என்பது ஆடியின்முன் வைக்கப்பட்ட புள்ளியளவு தோற்றுவாயையும் குறிப்பிடுவதாகக் கொள்வோம். $ON_1$, $ON_2$ என்பவை $O$-லிருந்து இருவேறு திசைகளில் செல்லும் கதிர்கள். அவை ஆடியில் $N_1$, $N_2$ என்னும் இடங்களில் பட்டு $N_1$ $R_1$, $N_2$ $R_2$ என்னும் திசைகளில் எதிரொளிப்புக்கான இரண்டாம் விதிப்படி எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. விரிகதிர்களாக அமையும்




படம் 6.8

$N_1R_1$, $N_2R_2$ ஆகிய கதிர்களைப் பின்னுக்கு நீட்டினால் அவை $I$ என்னும் புள்ளியில் சந்திப்பதாகக் கொள்வோம். எதிரொளிக் கதிர்கள் $I$ என்னும் புள்ளியிலிருந்து வருவதாகத் தோன்றும். எனவே, $I$ என்பது $O$-ன் மாயபிம்பம்.

**பிம்பத்தின் பண்புகள்**

1. பிம்பத்திலிருந்து எதிரொளிக் கதிர்கள் புறப்படுவது போல் தோன்றுவதால் அது ஒரு மாய பிம்பமாகும். எனவே, அதனைத் திரையில் விழ்த்த முடியாது.

2. ஆடிக்குப்பின் பிம்பத்தின் தொலைவும், ஆடிக்குமுன் பொருளின் தொலைவும் சமமாக உள்ளன. இக் கூற்றைப் பின் வருமாறு மெய்ப்பிக்கலாம்.

படம் 6.8-ல், $O$-லிருந்து லம்பத்தின் வழியே ஆடியில் $M$ மீது படும் ஒரு கதிர் அதன் பாதைவழியே திரும்பி $I$-லிருந்து வருமாறு தோன்றும். எனவே, $I\,M\,O$ ஆடிக்கு நேர்குத்துக் கோடாக அமையும்.

மேலும், $M\,\hat{N}_1\,O = 90-i$

$$M\,\hat{N}_1\,I = N_2\,\hat{N}_1\,R_1 = 90-r$$

$M\,N_1\,O$, $M\,N_1\,I$ ஆகிய இரு முக்கோணங்களில்

$$M\,\hat{N}_1\,O = M\hat{N}_1\,I \quad [90-i = 90-r]$$
$$O\,M\,N_1 = I\,M\,N_1 = 90^\circ$$

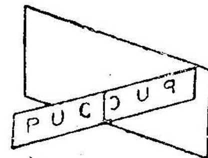
$M\,N_1$ என்பது இரு முக்கோணங்களுக்கும் பொதுவான பக்கம்.

எனவே, இரு முக்கோணங்களும் முழுதொத்த (congruent) முக்கோணங்கள்.

அதாவது $\quad I\,M = M\,O$

ஆகவே, ஒரு சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பம் ஆடிக்கு முன் பொருள் இருக்கும் அதே தொலைவில் ஆடிக்குப்பின் உருவாகிறது.

3. புள்ளியளவு பொருளுக்குப் பதிலாக நீண்டு விரிந்த பொருள் ஒன்று ஆடிக்குமுன் வைக்கப்பட்டால் ஆடியில் அதன் பிம்பத்தைக் காணலாம். பொருளில் ஒரு புள்ளி ஆடியி லிருந்து எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கிறதோ அதே தொலைவில் அப்புள்ளியின் அதே அளவு பிம்பமும் ஆடிக்குப் பின்னால் இருக்கும். எனவே, பிம்பத்தின் அளவும் பொருளின் அளவும் சமமாக இருக்கும். மேலும், பிம்பமும் இடவலமாக மாறித் தோன்றும் [படம் 6.9]. தவிர, இந்த மாயபிம்பம் நேராகவும் இருக்கும்.




படம் 6.9

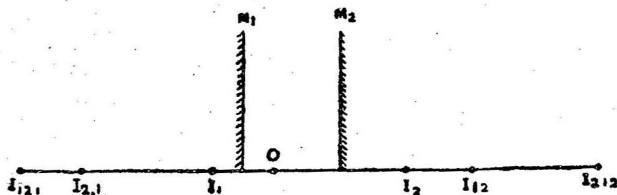
## பலபடி எதிரொளிப்புகள் (Multiple reflections)

இரு சமதள ஆடிகளுக்கிடையில் ஒரு பொருள் வைக்கப்படும்போது அதிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் நம் கண்களை அடையுமுன் இரு ஆடிகளிலும் பலமுறை எதிரொளிக்கப்படும். இவ்வாறு பலமுறை எதிரொளிக்கப்படுவது பலபடி

எதிரொளிப்புகள் எனப்படும். எனவே, பொருளின் பல பிம்பங்கள் தோன்றும்.

**இணை ஆடிகள்** (Parallel mirrors)

இரு சமதள ஆடிகள் அவற்றின் எதிரொளிப்புத் தளங்கள் ஒன்றையொன்று நோக்குமாறும், இணையால் இருக்குமாறும் அமைக்கப்பட்டால் அவை இணை ஆடிகள் எனப்படும் [படம் 6.10]. படத்தில் $O$ என்பது ஆடிகளுக்கிடையே வைக்கப்பட்ட



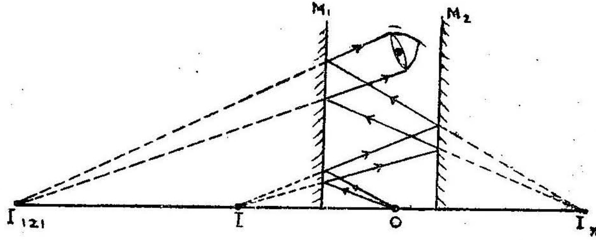

படம் 6.10

புள்ளியளவு ஒளிர்பொருள். இத்தகைய அமைப்பில் உருவாகும் பிம்பங்கள் பொருளின்வழியே செல்லும் இரு ஆடிகளுக்கும் பொதுவான லம்பத்தின்மீது அமையும். இனி, பிம்பங்கள் உருவாகும் முறையைக் காண்போம். $M_1$ என்ற ஆடியில் முதல் எதிரொளிப்பு ஏற்படுவதால் தோன்றும் பிம்பங்களைப்பற்றிக் காண்போம். $M_1$-ல் ஏற்படும் இந்த எதிரொளிப்பால் $M_1$-க்கு முன் $O$ இருக்கும் அதே தொலைவில் ஆடிக்குப்பின் $I_1$ என்னும் பிம்பம் தோன்றுகிறது. எனவே, $O$-விருந்து புறப்படும் கதிர்கள் $I_1$-லிருந்து புறப்படுவதுபோல் தோன்றும். இக் கதிர்கள் அடுத்து $M_2$-ல் எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. $M_2$ஐ வந்தடையும் இவை $I_1$-லிருந்து புறப்படுவது போல் தோன்றுவதால் $I_1$, $M_2$-க்கு முன் எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கிறதோ அதே தொலைவில் $M_2$-க்குப்பின் அதன் பிம்பம் $I_{12}$ தோன்றும். அடுத்து $I_{12}$-லிருந்து புறப்படுவதுபோல் தோன்றும் கதிர்கள் $M_1$-ல் எதிரொளிக்கப்படுவதால் $M_1$-ல் $I_{12}$-ன் பிம்பம் $I_{121}$தோன்றும். $M_2$-க்கு முன் $I_{12}$-ன் தொலைவும் $M_1$-க்குப்பின் $I_{121}$-ன் தொலைவும் சமமாக இருக்கும். அவ்வாறே, $M_2$-ல் ஏற்படும் முதல் எதிரொளிப்பால் $I_2$, $I_{21}$, $I_{212}$ ஆகிய பிம்பங்களும்உருவாகின்றன.

படம் 6.11-ல் $O$-விருந்து புறப்படும் கதிர்கள் கண்ணை வந்தடையுமுன் செல்லும் பாதையைக் காணலாம்.

உண்மையில் எண்ணிலடங்காப் பிம்பங்கள் தோன்றிய போதிலும் ஒவ்வொரு எதிரொளிப்பின்போது படுகதிரின்

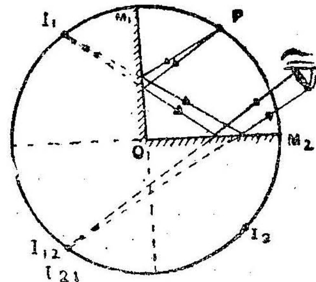
பொலிவு குன்றுவதால் சில எதிரொளிப்புகளுக்குப்பின் தோன்றும் பிம்பங்கள் கண்ணுக்குப் புலப்படாத அளவுக்குப் பொலிவு குன்றிவிடுகின்றன. எனவே, சில பிம்பங்களையே நாம் காணமுடியும்.




படம் 6.11

## குத்து ஆடிகள் (Perpendicular mirrors)

இரு சமதள ஆடிகள் அவற்றின் எதிரொளிப்புத் தளங்கள் ஒன்றையொன்று நோக்குமாறும், ஒன்றுக்கொன்று நேர் குத்தாக இருக்குமாறும் அமைக்கப்பட்டால் அவை குத்து ஆடிகள் எனப்படும் [படம் 6.12].




படம் 6.12

படம் 6.12-ல் $OM_1$, $OM_2$ என்னும் கோடுகள் ஒன்றுக்கொன்று நேர்குத்தாக வைக்கப்பட்ட இரு சமதள ஆடிகளைக் குறிக்கின்றன. $O$ என்பது $OM_1$, $OM_2$ ஆகிய இரு கோடுகளும் சந்திக்கும் புள்ளி. $P$ என்பது புள்ளியளவுள்ள ஓர் ஒளிர் பொருள். ஆடிகளின் இவ்வகை அமைப்பில் உருவாகும் பிம்பங்களைப்பற்றிக் காண்போம்.

$P$-லிருந்து புறப்பட்டு $M_1$ ஆடியில் முதலில் எதிரொளிக்கப்படும் கதிர்களை எடுத்துக்கொள்வோம். இக் கதிர்கள், $M_1$-க்கு முன் $P$ இருக்கும் அதே தொலைவில் $M_1$-க்குப்பின் $P$-ன் பிம்பத்தை $(I_1)$ உருவாக்குகின்றன. $M_1$ ஆல் எதிரொளிக்கப்பட்ட இக் கதிர்கள் அடுத்து $M_2$ ஆல் எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. எனவே, $M_2$ ஆடியில் $I_1$-ன்பிம்பம் $(I_{12})$ தோன்றுகிறது. $M_2$-க்கு முன் $I_1$-ன் தொலைவும்; $M_2$-க்குப்பின் $I_{12}$-ன் தொலைவும் சமமாக இருக்கும். $I_{12}$ பிம்பம் இரு ஆடிகளுக்கும் பின்னால் அமைவதால் மேலும் பிம்பங்கள் உருவாவதில்லை.

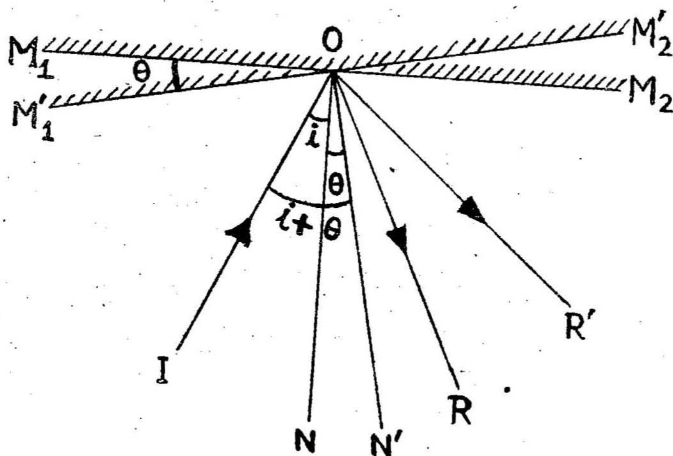
அவ்வாறே, $M_2$ ஆடியில் முதலில் பட்டு எதிரொளிக்கப் படும் கதிர்கள் $I_2 I_{21}$ ஆகிய இரு பிம்பங்களைத் தோற்றுவிக் கும். ஆனால், $I_{12}$, $I_{21}$ ஆகிய இரு பிம்பங்களும் ஒன்றுக்கொன்று இணைந்துவிடும். எனவே, குத்து ஆடிகள் அமைப்பில் தோன்றும் பிம்பங்களின் மொத்த எண்ணிக்கை மூன்று ஆகும். மேலும், இந்த பிம்பங்கள் $O$-ஐ மையமாகவும் $OP$ ஐ ஆரமாக வும் கொண்ட வட்டத்தில் அமைகின்றன.

படம் 6.12, $M_1$-ல் முதலில் எதிரொளிக்கப்படும் கதிர்கள் கண்ணை அடையுமுன் செல்லும் பாதையைக் காட்டுகிறது.

**சமதள ஆடியின் சுழற்சி** (Rotation)

**படுகதிர் மாறுமலிருக்கும்போது ஆடி சுழற்றப்பட்டால் அச் சுழல் கோணத்தைப்போல் இருமடங்கு மீள்கதிரும் சுழற்றப்படுகிறது.**

மேற்கூறிய கூற்றைப் பின்வருமாறு மெய்ப்பிக்கலாம். படம் 6.13-ல் $M_1 M_2$ ஆடிப்பரப்பையும், $IO$ படுகதிரையும், $ON$




படம் 6.13

படுதானத்தில் வரைப்பட்ட லம்பத்தையும் குறிக்கின்றன. படுகதிர் $OR$ என்னும் கோட்டின் வழியே எதிரொளிப்பு விதிகளுக்குட்பட்டு எதிரொளிக்கப்படுகிறது. அதாவது $I\hat{O}N = N\hat{O}R = i$. இப்போது ஆடி $M_1'$ $M_2'$ என்னும் நிலைக்குச் சுழற்றப்படுவதாகக் கொள்வோம். $M_1 \hat{O} M_1' = \theta$ எனக் கொள்வோம். ஆடி, $\theta$ பாகையளவு சுழற்றப்படுவதால் அதன் லம்பமும் $ON'$-க்கு $\theta$ பாகையளவு சுழற்றப்படும். படுகதிர் மாறுமலிருப்பதால் படுகோணம் $\theta$ பாகையளவு மிகும்.

எனவே, ஆடியின் இந்நிலையில் எதிரொளிக்கதிர் $OR'$ என்னும் திசையில் செல்லும்.

$$\text{மேலும், படுகோணம் } I\hat{O}N' = \text{கோணம் } N'\hat{O}R' = (i+\theta)$$

$$\begin{aligned}\text{எதிரொளிக்கதிர் சுழற்றப்பட்ட கோணம்} &= R\hat{O}R' \\ &= I\hat{O}R' - I\hat{O}R \\ &= (I\hat{O}N' + N'\hat{O}R') - (I\hat{O}N + N\hat{O}R) \\ &= 2(i+\theta) - 2i \\ &= 2\theta\end{aligned}$$

எனவே, படுகதிர் அல்லது படுதிசை மாருமலிருக்கும் **போது ஆடி சுழற்றப்பட்டால் எதிரொளிக்கதிர், ஆடி சுழற்றப் படும் கோணத்தைப்போல் இருமடங்கு சுழற்றப்படும்.**

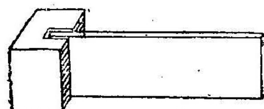
மேலும், எதிரொளிக்கதிர் அல்லது எதிரொளித் திசை மாருமலிருக்கும்போது ஆடி சுழற்றப்பட்டால் படுகதிர் ஆடி சுழற்றப்படும் கோணத்தைப்போல் இரு மடங்கு சுழற்றப் படவேண்டும்.

இக் கோட்பாட்டினை அடிப்படையாகக் கொண்ட கோணமானி (Sextant) என்ற ஒருகருவி உண்டு. தொலைவில் உள்ள இரு பொருள்கள் கண்ணில் அமைக்கும் கோணத்தை அளவிட இந்தக் கோணமானி பயன்படுகிறது. மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவிலான மிகச்சிறிய மின்னோட்டங்களையும் மிகுந்த உணர்வு நுட்பத்துடன் அளவிடும் தொங்குசுருள் கால்வனு மீட்டர்களின் விலகலை அளவிடுவதிலும் ஒளி நெம்புகோல்களி லும் இக்கோட்பாடு பயன்படுகிறது.

**சோதனைகள்**

சமதள ஆடியைக் கொண்டு செய்யப்படும் சோதனைகளுக் குக் கீழ்வரும் கருவிகள் இன்றியமையாதவையாகும்.

1. சுமார் 15 செ.மீ. நீளமும், 3 செ.மீ. உயரமும் கொண்ட சமதள ஆடித்துண்டு. இதன் எதிரொளிக்கும் தளம் செங்குத்தாக இருக்குமாறு ஒரு மரத்துண்டில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் [படம் 6.14]



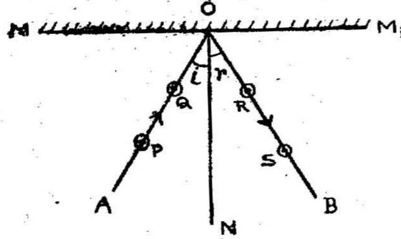
படம் 6.14

2. சில கூரிய குண்டூசிகள்
3. வரைபலகை

(a) எதிரொளிப்பு விதிகளை மெய்ப்பித்தல்

(i) இரண்டாம் விதி: கிடைதளத்தில் வைக்கப்பட்ட ஒரு வரைபலகையில் பொருத்தப்பட்ட ஒரு காகிதத்தில்

ஆடிப் பரப்பைக் குறிக்கும் வகையில் $MM_1$ என்ற ஒரு கோட்டை வரையவும் [படம் 6.15]. கோட்டில் $O$ என்ற புள்ளியிலிருந்து $MM_1$-க்கு நேர்குத்தாக $ON$ என்ற கோட்டையும், $ON$உடன் தக்க கோணம் ஒன்றை அமைக்கும்



படம்6.15

$AO$ என்ற கோட்டையும் வரையவும். இவை முறையே லம்பத்தையும், படுகதிரையும் குறிக்கின்றன. $A\hat{O}N$ கோணம் படுகோணமாகும்.

ஆடியை அதன் எதிரொளிக்கும் பரப்பு $MM_1$ கோட்டின் மீது செங்குத்தாக அமையுமாறு வைக்கவும். $AO$ என்ற கோட்டின்மீது சுமார் 5 செ.மீ. இடைவெளியில் $P$, $Q$ என்ற சுமார் 3 செ.மீ. உயரமுள்ள இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாக நிறுத்தவும். லம்பத்தின் மறுபுறம் ஆடியினுள் நோக்கின் $P$, $Q$ ஆகிய குண்டூசிகளின் பிம்பங்களைக் காணலாம். அவை இரண்டும் ஒரே நேர்கோட்டில் அமையுமாறு கண்ணை வைத்துக்கொண்டு $R$, $S$ என்ற மேலும் இரு குண்டூசிகளைப் பிம்பங்களோடு ஒரே நேர்கோட்டில் அமையுமாறு நிறுத்தவும்.

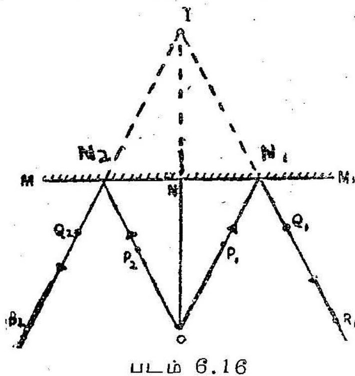
$R$, $S$ குண்டூசிகளின் நிலைகளைக் குறித்துக்கொண்டபின் குண்டூசிகளையும் ஆடியையும் அப்புறப்படுத்தி, $R$, $S$ குண்டூசிகளின் நிலைகளை இணைத்து, $MM_1$ நோக்கி நீட்டவும். இது, ஆடியைப் படுதானத்தில் சந்திக்கும். இது எதிரொளிக் கதிரைக் குறிக்கும். எதிரொளிக் கதிருக்கும் லம்பத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணத்தை அளவிடவும். இது படு கோணத்திற்குச் சமமாயுள்ளதைக் காணலாம்.

படுகோணத்தை மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்யவும். ஒவ்வொரு முறையும் படுகோணமும் எதிரொளிக் கோணமும் சமமாயிருக்கும். இவ்வாறாக, எதிரொளிப்பு இரண்டாம் விதி மெய்ப்பிக்கப்படுகிறது.

முதல் விதி: மேலே சொல்லப்பட்ட சோதனையில் $P$, $Q$ குண்டூசிகளின் உயரம் ஒரே அளவாய் இருக்குமாறு சரிசெய்து கொள்ளவும். அடுத்து, $P$, $Q$-ன் பிம்பங்களின் உச்சிகளோடு $R$, $S$ குண்டூசிகளின் உச்சிகள் ஒரே நேர்கோட்டில் அமையும்படி அவற்றின் உயரங்களையும் சரிசெய்யவும். $R$, $S$ குண்டூசிகளின் உயரங்களை அளவிடவும். அவற்றின் உயரங்கள் $P$, $Q$ குண்டூசிகளின் உயரங்களுக்குச் சமமாயிருப்பதைக் காணலாம். இதிலிருந்து பின்வரும் உண்மை கிடைக்கும். $P$, $Q$ குண்டூசிகளின் உச்சிவழியே செல்லும் படுகதிர் அதே உயரத்தில் அமைந்த $R$, $S$ குண்டூசிகளின் உச்சிவழியே எதிரொளிக்கப்படுகிறது. ஆடி, காகிதத்திற்குச் செங்குத்தாயிருப்பதால் படுதானத்தில் வரையப்படும் லம்பமும் அதே உயரத்தில் அமையும். அதாவது, காகிதத்திலிருந்து குண்டூசிகளின் உயரத்தில் அமைந்த ஒரு தளத்தில் படுகதிரும், எதிரொளிக் கதிரும், லம்பமும் அமைகின்றன. இதுவே, எதிரொளித்தலின் முதல் விதி.

**(*b*) ஆடிக்குமுன் பொருளின் தொலைவும் ஆடிக்குப்பின் பிம்பத்தின் தொலைவும் சமம்.**

வரைபலகையில் காகிதம் ஒன்றைப் பொருத்தி அதன் மீது ஆடியின் பரப்பைக் குறிக்கும் வகையில் $MM_1$ என்ற நேர்கோட்டை வரையவும். $MM_1$ என்ற கோட்டில் $N$ என்ற புள்ளியிலிருந்து $NO$ என்ற ஒரு செங்குத்துக் கோட்டை வரையவும். அதற்கு இருபுறமும் ஏறத்தாழச் சம அளவில் சாய்ந்திருக்குமாறு $ON_1$, $ON_2$ என்ற இரு கோடுகளையும் வரையவும் [படம் 6.16]. இவை முறையே லம்பத்தையும் இரு படுகதிர்களையும் குறிக்கின்றன.



படம் 6.16

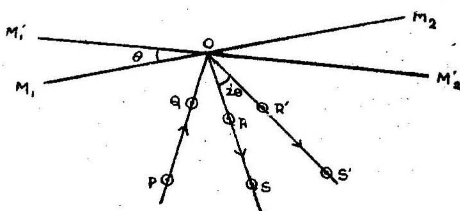
ஆடியை, அதன் பிரதிபலிக்கும் பரப்பு $MM_1$ மீது செங்குத்தாக அமையுமாறு வைக்கவும். $O$ என்ற புள்ளியில் ஒரு குண்டூசியைச் செங்குத்தாக நிறுத்தவும். இது பொருளைக் குறிக்கின்றது. பின்னர் $ON_1$ மீது $P_1$ என்ற குண்டூசியைச் செங்குத்தாக நிறுத்தி அவற்றின் பிம்பங்களோடு ஒரே நேர் கோட்டில் அமையுமாறு $Q_1$, $R_1$ என்ற மற்றும் இரு குண்டூசி

களை நிறுத்தவும். அடுத்து $ON_2$ மீது $P_2$ என்ற குண்டூசியை நிறுத்தி, $O$, $P_2$ ஆகியவற்றின் பிம்பங்களோடு ஒரே நேர் கோட்டில் அமையுமாறு $Q_2$, $R_2$ என்ற இரு குண்டூசிகளையும் நிறுத்தவும். குண்டூசிகளின் நிலைகளைக் குறித்துக் கொண்ட பின் அவற்றையும் ஆடியையும் அப்புறப்படுத்திவிட்டு $Q_1$, $R_1$ ஆகியவற்றின் நிலைகளையும் $Q_2 R_2$ ஆகியவற்றின் நிலைகளையும் சேர்த்தால் $MM_1$ஐ முறையே $N_1$, $N_2$ புள்ளிகளில் வெட்டும். மேலும், அவை $I$ என்ற புள்ளியில் சந்திக்கும். $I$ என்பது $O$-ன் பிம்பமாகும். $OI$ என்ற நேர்கோடு $N$ என்ற புள்ளியில் ஆடிக்குச் செங்குத்தாக அமையும். $ON$, $NI$ ஆகியவற்றை அளவிட்டால் அவை சமமாயிருப்பதைக் காணலாம். ஆடியிலிருந்து $O$-ன் தொலைவை மாற்றி சோதனையைத் திரும்பச் செய்யவும். ஒவ்வொரு முறையும் $ON$-ம், $NI$-ம் சமமாயிருப்பதைக் காணலாம். இவ்வாறாக, ஆடிக்குமுன் பொருளின் தொலைவும் ஆடிக்குப்பின் பிம்பத்தின் தொலைவும் சமம் என்று மெய்ப்பிக்கப்படுகிறது.

[குறிப்பு: $I$ என்ற புள்ளியிலிருந்து எதிரொளிக் கதிர்கள் புறப்படுவதுபோல் தோன்றுவதால் ஆடிக்குப் பின்னுலுள்ள கோடுகளைப் புள்ளிக் கோடுகளாக வரையவும்.]

**(c) படுகதிர் மாறாதிருக்கும்போது ஆடி சுழற்றப்பட்டால் எதிரொளிக் கதிர், ஆடி சுழற்றப்படும் கோணத்தைப்போல் இரு மடங்கு சுழற்றப்படுகிறது.**

வரைபலகை ஒன்றின் மீது பொருத்தப்பட்ட ஒரு காகிதத்தில் ஒன்றையொன்று $O$ என்ற புள்ளியில் வெட்டிக் கொள்ளுமாறும், தக்க கோணம் ஒன்றை அமைக்குமாறும் $M_1M_2$, $M_1'M_2'$ என்ற இரு கோடுகளை வரைந்து கொள்ளவும். $O$ என்ற புள்ளியிலிருந்து $M_1M_2$-க்கும் $M_1'$ $M_2'$-க்கும் சாய்ந்திருக்குமாறு $OP$ என்ற கோட்டையும் வரைந்து கொள்ளவும்.




படம் 6.17

$M_1M_2$, $M_1'M_2'$, $OP$ கோடுகள் முறையே ஆடிப் பரப்பின் இரு நிலைகளையும், ஒரு படுகதிரையும் குறிக்கின்றன [படம் 6.17].

முதலில் ஆடியின் எதிரொளிக்கும் பரப்பு $M_1M_2$-ன் மீது செங்குத்தாக அமையும்படி வைக்கவும். $OP$ என்ற கோட்டின் மீது $P$, $Q$ என்ற இரு குண்டூசிகளை நிறுத்தவும். பின்னர் குண்டூசிகளின் உதவியால் முன்சோதனைகளில் கூறியபடி $R, S$ என்ற எதிரொளிக் கதிரை வரையவும். அடுத்து, ஆடியின் எதிரொளிக்கும் பரப்பு $M_1'M_2'$-ன் மீது செங்குத்தாக அமையும்படி வைத்து, $R'S'$ என்ற எதிரொளிக் கதிரை வரையவும். இவ்விரண்டு எதிரொளிக் கதிர்களும் ஆடியைப் படுதானமாகிய $O$ என்ற புள்ளியில் சந்திக்கும். இரு எதிரொளிக் கதிர்களும் $O$ என்ற புள்ளியில் அமைக்கும் கோணத்தை, அதாவது, $R\hat{O}R'$ என்ற கோணத்தை அளவிடவும். இது ஆடியின் இரு நிலைகளுக்கும் இடையேயுள்ள கோணத்தைப்போல், அதாவது, $M_1\hat{O}M_1'$ஐப் போல் இரு மடங்கு இருப்பதைக் காணலாம். $M_1\hat{O}M'$ கோணத்தின் மதிப்பை மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பவும் செய்யவும். ஒவ்வொரு முறையும் $R\hat{O}R'$, $M_1\hat{O}M'$ஐப் போல் இருமடங்கு இருப்பதைக் காணலாம். அதாவது, படுகதிர் மாறுநிலையில் ஆடி சுழற்றப்பட்டால் எதிரொளிக்கதிர் ஆடி சுழற்றப்படும் கோணத்தைப்போல் இருமடங்கு சுழற்றப்படும்.

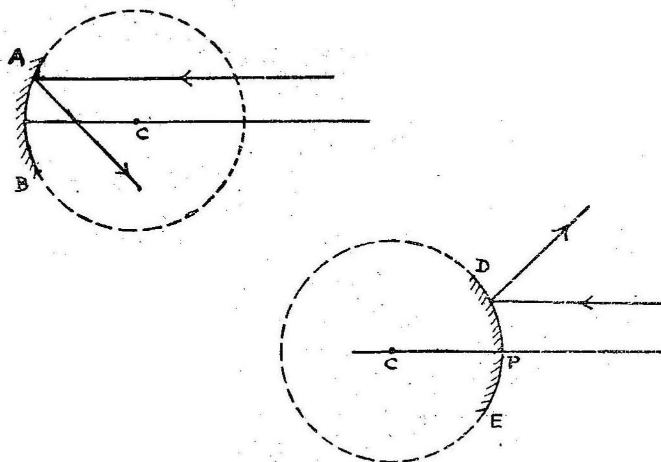
**கோளக ஆடிகள்** (Spherical mirrors)

ஆடியானது உள்ளீடற்ற கோளம் ஒன்றின் ஒரு பகுதியாக அமையுமானால் அது கோளக ஆடி எனப்படும். கோளக ஆடிகள் இரு வகைப்படும். ஆடியின் குழிந்த பரப்பு எதிரொளிக்கும் பரப்பானால் அது குழிஆடி (concave mirror) எனவும், குவிந்த பரப்பு எதிரொளிக்குமாயின் குவிஆடி (convex mirror) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. இவ்வகை ஆடிகளிலும் எதிரொளிப்பு விதிகளுக்குட்பட்டே எதிரொளிப்பு ஏற்படுகிறது.

ஆடி எந்தக் கோளத்தின் பகுதியாக அமைகிறதோ அக் கோளத்தின் மையம் **ஆடியின் வளைவு மையம்** (centre of curvature) என்றும், கோளத்தின் ஆரம் **ஆடியின் வளைவு ஆரம்** (radius of curvature) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. ஆடிப் பரப்பின் மையப்புள்ளி **ஆடிமையம்** (pole of the mirror) என அழைக்கப்படுகிறது.

ஆடிமையம், வளைவுமையம் ஆகிய புள்ளிகளின் வழியே செல்லும் நேர்கோடு **ஆடியின் முக்கிய அச்சு** (principal axis) என அழைக்கப்படுகிறது.

படம் 6.18-ல் $AB$ என்பது குழிஆடி; $DE$ என்பது குவி ஆடி; $C$ என்பது வளைவுமையம்; $P$ என்பது ஆடிமையம்;




படம் 6.18

$PC$-யின் நீளம் வளைவு ஆரம். $P$, $C$ வழியே செல்லும் நேர் கோடு முக்கிய அச்சு.

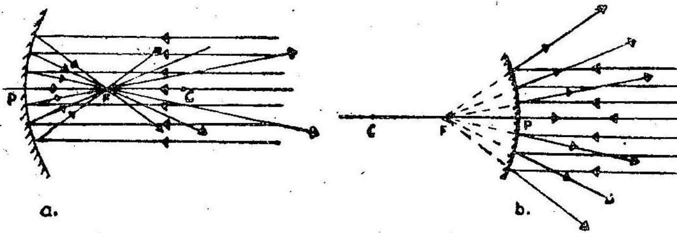
முக்கிய அச்சிற்கு இணையாகவும், நெருக்கமாகவும் செல்லும் குறுகலான இணைகற்றை ஒன்று குழி ஆடியில் எதிரொளிக்கப்படும்போது முக்கிய அச்சின்மீது ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் குவிகிறது; குவி ஆடியில் எதிரொளிக்கப்படும்போது முக்கிய அச்சின்மீதுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியினின்றும் விரிவதுபோலத் தோன்று கிறது. குறிப்பிட்ட புள்ளி கோளக ஆடியின் முக்கியக் குவியம் (principal focus) எனப்படுகிறது.

குழிஆடியில், முக்கியக் குவியத்தில் உண்மையாகவே கதிர்கள் குவிவதால் அது மெய்க்குவியம் (real focus) எனவும் [படம் 6.19*a*], குவிஆடியில் குவியத்திலிருந்து கதிர்கள் விரிவதுபோல் தோன்றுவதால் அது மாயக்குவியம் (virtual focus) [படம் 6.19*b*] எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

முக்கியக் குவியத்திற்கும் ஆடிமையத்திற்கும் இடைப் பட்ட தொலைவு ஆடியின் குவியத் தூரம் (focal length) எனப்

படும். படம் 6.19-ல், $F$ என்பது முக்கியக் குவியம். $PF$ என்பது குவியத்தூரம்.

கோளக ஆடிகளுக்கும் எதிரொளிப்பு விதிகள் பொருந்து மாதலால் கீழ்க்காணும் கருத்துகளைப் பெறலாம்.



படம் 6.19

வளைவுமையம் வழியாகச் செல்லும் ஒரு நேர்கோடு கோளகப் பரப்பைச் சந்திக்குமிடத்தில் பரப்புக்கு நேர்குத்தாக அமையும். எனவே, வளைவுமையம் வழியே சென்று ஆடியின்மீது விழும் கதிர் அதன் பாதைவழியே திரும்பும்.

முக்கிய அச்சு, வளைவுமையம், ஆடிமையம் ஆகியவற்றின் வழியே செல்வதால் அது ஆடிமையத்தில் ஆடிக்கு லம்பமாக அமைகிறது. எனவே, முக்கிய அச்சுக்குச் சாய்வாக ஆடி மையத்தில் விழும் ஒரு கதிரும் எதிரொளிக்கதிரும் அச்சுக்கு ஒரே அளவில் சாய்ந்திருக்கும்.

### கோளக ஆடியின் வளைவு ஆரமும் குவியத்தூரமும்

படம் 6.20-ல் $APB$ என்பது கோளக ஆடியைக் குறிக்கிறது. $C$ என்பது ஆடியின் வளைவுமையம். முக்கிய அச்சுக்கு இணையாகவும், நெருக்கமாகவும் செல்லும் $O A$ என்ற கதிர் ஆடியில் $A$ என்ற புள்ளியில் விழுவதாகக் கொள்வோம். இக் கதிர் படுகோணமும் எதிரொளிக் கோணமும் சமமாக இருக்கும்படி எதிரொளிக்கப்படுகிறது. மேலும், படுகதிர் முக்கிய அச்சுக்கு இணையாக இருப்பதால் எதிரொளிக் கதிரானது குழிஆடியில் முக்கியக் குவியம் ($F$) வழியாகச் செல்லும் [படம் 6.20$a$]; குவி ஆடியில் முக்கியக் குவியத்தினின்றும் புறப்படுவதுபோல் தோன்றும் [படம் 6.20$b$].

**குழி ஆடி:** படம் 6.20$a$-ல் $CA$ ஆடிக்கு $A$ என்ற புள்ளியில் லம்பமாக அமைகிறது.

$\therefore \quad O\hat{A}C = C\hat{A}F$ [படுகோணம் = எதிரொளிக்கோணம்]

மேலும் $O\hat{A}C = A\hat{C}F$ [ஒன்றுவிட்ட கோணங்கள்]

எனவே, $ACF$ என்ற முக்கோணத்தில்

$$A\hat{C}F = C\hat{A}F$$

$$\therefore \quad AF = FC$$

படுகதிர் முக்கிய அச்சுக்கு நெருக்கமாக இருப்பதால்

$$AF = PF$$

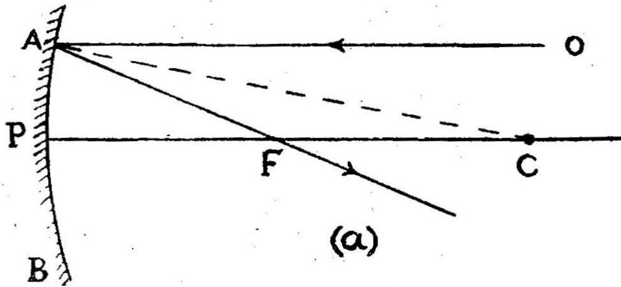
எனத் தோராயமாகக் கொள்ளலாம்.

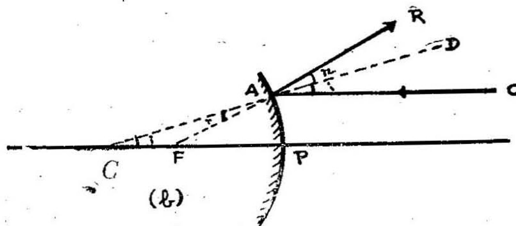
எனவே, $PF = FC = \frac{1}{2}\,PC$

$PC$ஐ $R$ எனவும், $PF$ஐ $f$ எனவும் குறித்தால்,

$$f = \frac{R}{2}$$

$$R = 2f$$




படம் 6.20

**குவி ஆடி:** படம் 6.20$b$-ல் $CAD$ ஆடிக்கு $A$ என்ற புள்ளியில் லம்பமாக அமைகிறது.

$\therefore \quad O\hat{A}D = D\hat{A}R$ [படுகோணம் = எதிரொளிக்கோணம்]

$C\hat{A}F = D\hat{A}R$ [குத்தெதிர் கோணங்கள்]

$A\hat{C}F = D\hat{A}O$ [ஒத்த கோணங்கள்]

எனவே, $ACF$ என்ற முக்கோணத்தில்

$$A\hat{C}F = C\hat{A}F$$

$$\therefore \quad AF = FC$$

படுகதிர் முக்கிய அச்சுக்கு நெருக்கமாக இருப்பதால்

$$AF = PF$$

எனத் தோராயமாகக் கொள்ளலாம்.

எனவே, $PF = FC = \frac{1}{2} PC.$

$PC$ஐ $R$ எனவும், $PF$ஐ $f$ எனவும் குறித்தால்,

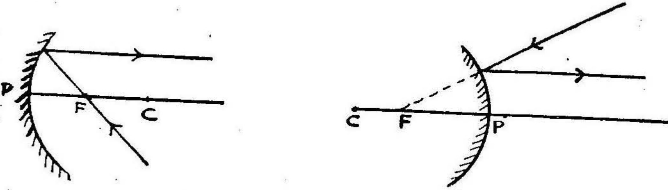
$$f = \frac{R}{2}$$

$$R = 2f$$

எனவே, கோளக ஆடியின் வளைவு ஆரம் ஆடியின் குவியத் தூரத்தைப்போல் இரு மடங்காகும்.

**கோளக ஆடிகளில் பிம்பம் உருவாதல்**

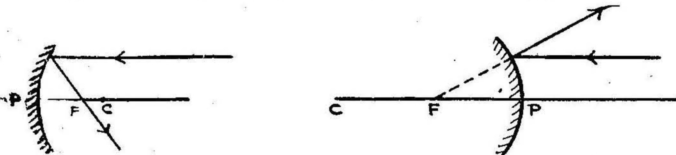
கோளகஆடிகளில் மெய்ப்பிம்பங்களும், மாயபிம்பங்களும் உருவாகின்றன. வடிவியல் முறையில் பிம்பங்களின் நிலை, அளவு, இயல்பு ஆகியவற்றைக் காணலாம். இதற்குக் கீழ் வரும் கதிர்களுள் ஏதேனும் இரண்டினைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.




படம் 6.21

1. முக்கிய அச்சுக்கு இணையாகவும் நெருக்கமாகவும் ஆடியின்மீது விழும் கதிர்: இக் கதிர் ஆடியில் எதிரொளித்த பின் குழி ஆடியானுல் முக்கியக் குவியம் வழியாகச் செல்லும்; குவி ஆடியானுல் முக்கியக் குவியத்திலிருந்து வருவதுபோல் தோன்றும் [படம் 6.21].

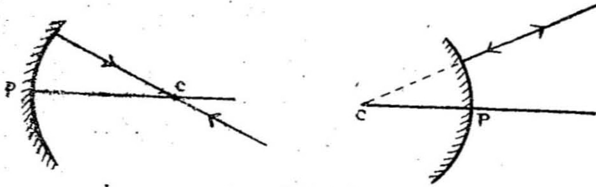
2. முக்கியக் குவியத்தின் வழியாகச் செல்லும் கதிர்:




படம் 6.22

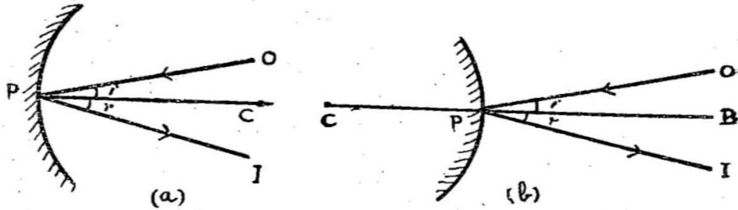
இக் கதிர் ஆடியில் எதிரொளித்தபின் முக்கிய அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் [படம் 6.22].

3. வளைவுமையம் வழியாகச் செல்லும் கதிர்: இது ஆடியில் எதிரொளித்தபின் வந்த வழியே திரும்பிச் செல்லும் [படம் 6.23].




படம் 6.23

4. ஆடிமையத்தில் படும் கதிர். முக்கிய அச்சு ஆடி மையத்தில் ஆடிக்கு லம்பமாக அமைவதால் இக் கதிர் படு கோணமும் எதிரொளிக் கோணமும் சமமாயிருக்குமாறு எதிரொளிக்கப்படுகிறது [படம் 6.24]. அதாவது, படம் 6.24$a$-யில் $O\hat{P}C = C\hat{P}I$. 6.24$b$-யில் $O\hat{P}B = B\hat{P}I$.




படம் 6.24

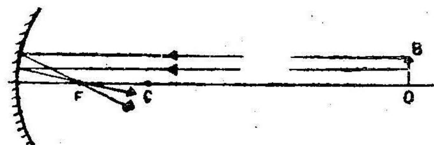
மேற்கூறிய கதிர்களின் உதவியால் பிம்பங்களின் நிலை, அளவு, இயல்பு ஆகியவற்றை வடிவியல் முறையில் எவ்வாறு காண்பது என்று பார்ப்போம்.

பின்வரும் படங்களில் [6.25 முதல் 6.32 வரை] $P$ என்பது கோளகஆடியின் மையம்; $C$ என்பது வளைவுமையம்; $F$ என்பது முக்கியக் குவியம்; $OB$ என்பது முக்கிய அச்சின்மீது அதற்கு நேர்குத்தாக வைக்கப்பட்ட ஒரு பொருள்; $IM$ என்பது பொருளின் பிம்பம்.

(a) குழி ஆடி

(i) முடிவிலாத் தொலைவில் வைக்கப்பட்ட பொருள். இங்குப் பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் ஏறத்தாழ இணையாக

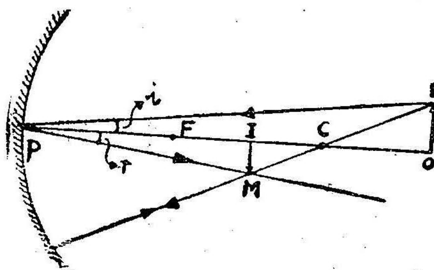
இருப்பதால் எதிரொளிப்புக்குப்பின் முக்கியக் குவியத்தில் குவியும். எனவே, ஆடியின் முக்கியக் குவியத்தில் பிம்பம் உருவாகும் [படம் 6.25].




படம் 6.25

தலைகீழான மிகமிகச் சிறிய (புள்ளியளவு) அளவையுடைய மெய்ப்பிம்பம் உருவாகிறது [படம் 6.25].

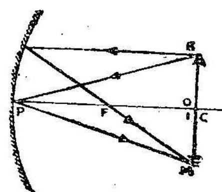
(ii) வளைவுமையத்திற்கு அப்பால் அளவிற்குட்பட்ட தொலைவில் வைக்கப்பட்ட பொருள் : சிறிய, தலைகீழான



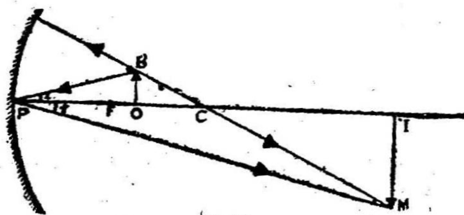

படம் 6.26

மெய்ப்பிம்பம் ஒன்று $F$-க்கும் $C$-க்கும் இடையே உருவாகிறது [படம் 6.26].

(iii) வளைவுமையத்தில் வைக்கப்பட்ட பொருள் : பொருளின் அளவையே கொண்ட, தலைகீழான, மெய்ப்பிம்பம் வளைவு மையத்திலேயே உருவாகிறது [படம் 6.27].



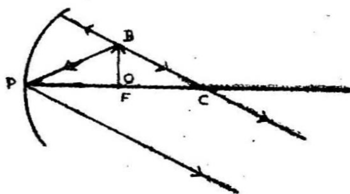

படம் 6.27



படம் 6.28

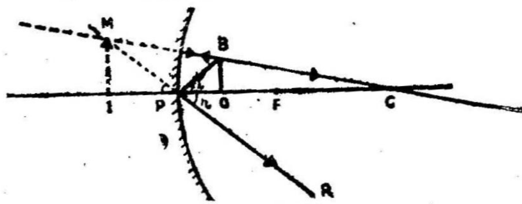
(iv) $F$-க்கும் $C$-க்கு மிடையே வைக்கப் பட்ட பொருள் : வளைவு மையத்திற்கு அப்பால் பெரிய, தலைகீழான, மெய்ப்பிம்பம் உருவா கிறது [படம் 6.28].

(v) முக்கியக் குவியத்தில் வைக்கப்பட்ட பொருள் : பொருளிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் எதிரொளிப்புக்குப் பின் இணைகதிர்களாக மாற்றப்படுகின்றன. எனவே, பிம்பம் முடிவிலாத்தொலைவில் உருவாகிறது [படம் 6.29].



படம் 6.29

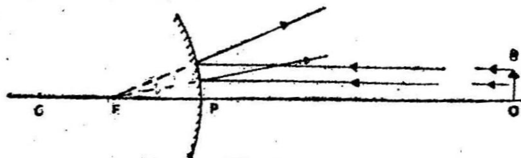
(vi) $F$-க்கும் ஆடிக்கு மிடையே வைக்கப்பட்ட பொருள் : பொருளின் $B$ என்ற புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் எதிரொளிப்பிற்குப்பின் விரிகதிர்களாக மாற்றப்படுகின்றன. எனவே, அவை ஆடிக் குப் பின்னால் $M$ என்ற புள்ளியிலிருந்து வருவதுபோல் தோன்றுகின்றன. ஆகையால், ஆடிக்குப்பின் பெரிய, நேரான மாயபிம்பம் உருவாகிறது [படம் 6.30].



படம் 6.30

(b) **குவி ஆடி**

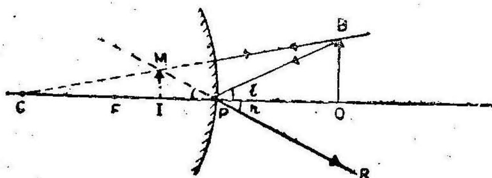
(i) முடிவிலாத் தொலைவில் வைக்கப்பட்ட பொருள் :



படம் 6.31

மிகமிகச் சிறிய, நேரான, மாயபிம்பம் ஒன்று ஆடிக்குப் பின்னால் உருவாகிறது [படம் 6.31].

(ii) ஆடிக்கு முன்னால் ஏதாகிலும் ஒரு தொலைவில் வைக்கப்பட்ட பொருள் : ஆடிக்குப் பின்னால் $F$-க்கும் ஆடிக்குமிடையே சிறிய, நேரான, மாயபிம்பம் உருவா கிறது [படம் 6.32].




படம் 6.32

குழிஆடியில் மெய்ப்பிம்பமும் மாயபிம்பமும் உருவா வதையும், குவிஆடியில் மாயபிம்பம் மட்டுமே உருவாவதை யும் காணலாம். மேலும், குவிஆடியில் ஆடியிலிருந்து பிம்பத் தின் தொலைவின் பெருமஅளவு குவியத் தூரமாகும்.

**ஆடியிலிருந்து பொருளின் தொலைவு, பிம்பத்தின் தொலைவு, குவியத்தூரம் ஆகியவற்றிற்கிடையே உள்ள தொடர்பு**

ஆடியிலிருந்து பொருளின் தொலைவு ($u$), பிம்பத்தின் தொலைவு ($v$), குவியத்தூரம் ($f$) ஆகியவற்றை

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

என்னும் வாய்பாட்டின் மூலம் இணைக்கலாம்.

**குறியீட்டு மரபு** (Sign convention)

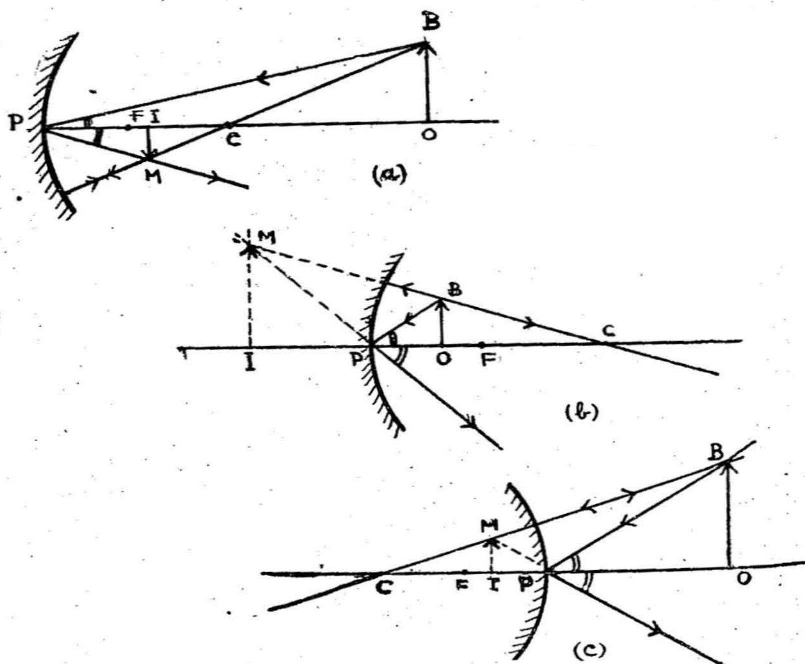
மேற்கூறிய வாய்பாட்டைப் பெறக் குறியீடுகளின் மரபு ஒன்றைக் கையாளுதல் தேவையாகிறது. இங்குக் கையாளப் படும் மரபு பின்வருமாறு :

ஆடியிலிருந்து மெய்ப்பொருள், மெய்ப்பிம்பம், மெய்க் குவியம் ஆகியவற்றின் தொலைவுகள் நேர்குறியுடையன வாகக் கருதப்படுகின்றன; மாயப்பொருள், மாயபிம்பம், மாயக்குவியம் ஆகியவற்றின் தொலைவுகள் எதிர்க்குறி யுடையனவாகக் கருதப்படுகின்றன.

குறியீட்டு மரபுப்படி குழிஆடியின் குவியத்தூரம் நேர் குறியையும், குவிஆடியின் குவியத்தூரம் எதிர்க்குறியையும் கொண்டுள்ளன.

**$u, v\ f$ ஆகியவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பைப் பெறுதல்**

படம் 6.33-ல் $C, F, P$ என்பன முறையே கோளகஆடி ஒன்றின் வளைவுமையம், முக்கியக் குவியம், ஆடிமையம் ஆகும்;




படம் 6.33

$OB$ என்பது முக்கிய அச்சின்மீது அதற்கு நேர்குத்தாக வைக்கப்பட்ட ஒரு பொருள். பிம்பத்தின் நிலையைப் பொருளின் $B$ என்ற புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் இருகதிர்களின் உதவியால் அறியலாம்.

(i) ஆடியின் வளைவுமையம் வழியாகச் செல்லும் ஒரு கதிர் (இது ஆடியின்மீது நேர்குத்தாக விழுவதால் வந்த வழியே திரும்பிச் செல்லும்).

(ii) ஆடிமையத்தில் விழும் ஒரு கதிர் (இது படுகோணமும் எதிரொளிக் கோணமும் சமம் என்னும் விதிப்படி எதிரொளிக்கப்படும்).

இரு எதிரொளிக் கதிர்களும்—தேவையானல் ஆடிக்குப் பின்னல் நீட்டிவிடப்பட்ட நிலையில்—$M$ என்ற புள்ளியில் சந்திப்பதாகக் கொள்வோம். $M$, $B$-ன் பிம்பமாகும். $M$-லிருந்து முக்கிய அச்சுக்கு நேர்குத்தாக வரையப்படும் கோடு$(MI)$, $OB$-ன் பிம்பத்தைக் குறிக்கும். $OB=u$, $MI=v$, $PF=f$ எனக்கொள்வோம்.

படம் 6.33-ல் உள்ள எல்லாவகைப் பிம்பங்களுக்கும்

$$\frac{PI}{PO}=\frac{CI}{CO}$$

என்று பின்வருமாறு மெய்ப்பிக்கலாம்.

$PIM$, $POB$ என்ற இரு முக்கோணங்களில்

$$P\hat{I}M = P\hat{O}B = 90^\circ$$

$$I\hat{P}M = O\hat{P}B \text{ [படுகோணம் = எதிரொளிக் கோணம்]}$$

எனவே, அவை ஒத்த முக்கோணங்கள்.

$$\therefore \quad \frac{IM}{OB}=\frac{IP}{PO} \qquad \text{..................ச. 6.1}$$

$CIM$, $COB$ என்ற முக்கோணங்களில்

$$C\hat{I}M = C\hat{O}B = 90^\circ$$

$$I\hat{C}M = O\hat{C}B$$

எனவே, அவை ஒத்த முக்கோணங்கள்.

$$\therefore \quad \frac{IM}{OB}=\frac{CI}{CO} \qquad \text{..................ச. 6.2}$$

ச. 6.1., ச. 6.2 ஆகியவற்றை ஒப்புநோக்கின்

$$\frac{PI}{PO}=\frac{CI}{CO} \qquad \text{..................ச. 6.3.}$$

இனி, படம் 6.33-ல் ஒவ்வொன்ருக எடுத்துக் கொள்வோம்.

(i) குழிஆடியில் மெய்ப்பிம்பம் உருவாதல் [படம் 6.33$a$]

$PI=v$; $PO=u$; $CI=CP-PI=2f-v$; $CO=PO-PC=u-2f$. மேற்கண்ட மதிப்புகளை ச. 6.3-ல் பதிலீடு செய்வோமானல்

$$\frac{v}{u}=\frac{2f-v}{u-2f}$$

குறுக்காகப் பெருக்கினல்

$$uv-2fv=2fu-uv$$

அல்லது $2uv-2fu+2fv$

$2uvf$ ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{v}+\frac{1}{u}.$$

இங்குப் பொருள், பிம்பம், முக்கியக் குவியம் ஆகிய யாவும் மெய்யானவையாக இருப்பதால் $u, v, f$, ஆகிய யாவும் நேர்குறியுடையன.

எனவே, $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$

(ii) குழிஆடியில் மாயபிம்பம் உருவாதல் [படம் 6.33*b*].

$PI=v$; $PO=u$; $CI=CP+PI=2f+v$; $CO=CP-PO=2f-u$

$$\therefore \quad \frac{v}{u}=\frac{2f+v}{2f-u}$$

குறுக்காகப் பெருக்கினல்

$$2vf-uv=2fu+uv$$

அல்லது, $2vf-2uf=2uv$

$2uvf$ ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{1}{u}-\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

இங்குப் பொருளும், குவியமும் மெய்யானதாகவும் பிம்பம் மாயபிம்பமாகவும் இருப்பதால் குறியீட்டு மரபுப்படி $u$-ம் $f$-ம் நேர்குறியையும், $a$ எதிர்க்குறியையும் கொண்டுள்ளன.

எனவே, $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}.$

(iii) குவிஆடியில் மாயபிம்பம் உருவாதல் [படம் 6.33*c*].

$PI=v$; $PO=u$; $CI=CP-PI=2f-v$; $CO=CP+PO=2f+u$.

$$\therefore \quad \frac{v}{u}=\frac{2f-v}{2f+u}.$$

குறுக்காகப் பெருக்கினல்

$$2fv+uv=2fu-uv$$

அல்லது $2fv-2fu=-2uv$.

$2uvf$ ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{1}{u}-\frac{1}{v}=-\frac{1}{f}$$

இங்கு, பொருள் மெய்ப்பொருளாகவும், பிம்பம் மாய பிம்பமாகவும், குவியம் மாயக்குவியமாகவும் இருத்தலால் $u$ நேர்குறியையும் $v$, $f$ ஆகியவை எதிர்க்குறியையும் கொண்டுள்ளன.

எனவே, $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$ ……………ச. 6.4

இத் தொடர்பு, தொலைவுகளுக்கான விதி (law of distances) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. எனவே, குவிஆடிகளில் தொலைவுக்கான விதி

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v}$$

ஆகும்.

**உருப்பெருக்கம் (magnification)**

பிம்பத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்கும் (உயரம் அல்லது அகலம்) பொருளின் ஒத்த அளவுக்கும் உள்ள தகவு பிம்பத்தின் உருப்பெருக்கம் எனப்படும்.

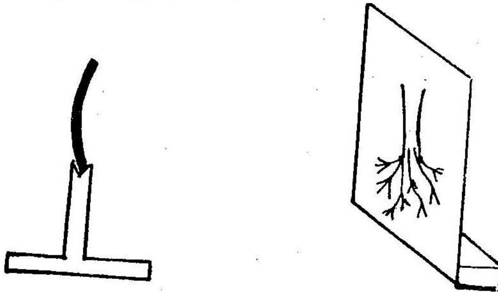
படம் 6.33–ல்

$$\frac{\text{பிம்பத்தின் உயரம்}}{\text{பொருளின் உயரம்}}=\frac{IM}{OB}=\frac{PI}{PO}$$ ……………ச. 6.1

எனவே, உருப்பெருக்கம்$(m)=\frac{v}{u}$ ……………ச. 6.5

**குழிஆடியின் குவியத் தூரத்தைக் காணல்**

($a$) **தொலைபொருள் முறை :** ஆடியைச் செங்குத்தான தாங்கி ஒன்றில் பொருத்தி, தொலைவில் உள்ள மரம் அல்லது கட்டிடம் போன்ற பொருளை நோக்கித் திருப்பவும். ஆடிக்கு முன்னால் பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்களைத் தடுக்காவண்ணம்



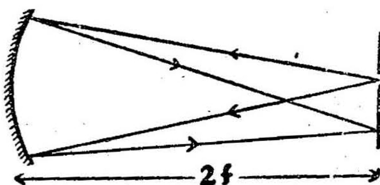
படம் 6.34

ஒரு வெண்திரையை வைத்து, திரையில் பொருளின் பிம்பம் தெளிவாக விழுமாறு திரைக்கும் ஆடிக்கும் உள்ள தொலைவைச் சரிசெய்யவும் [படம் 6.34].

தொலைபொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் இணைக்கதிர்களாதலால் அவை ஆடியின் முக்கியக் குவியத்தில் குவிந்து பொருளின் பிம்பம் ஒன்றை உருவாக்கும் எனவே, திரைக்கும் ஆடிக்கும் உள்ள தொலைவு ஆடியின் குவியத்தூரத்திற்குச் சமமாகும்.

($b$) **லம்பப் பிரதிப்லிப்பு முறை:** இம்முறையில் ஒளியூட்டப்பட்ட கம்பிவலைத் துண்டு ஒன்று பொருளாகப் பயன்படுகிறது. சிறிய மரப்பெட்டி ஒன்றின் ஒரு பக்கத்தில் உள்ள துளையில் கம்பிவலைத் துண்டு ஒன்று பொருத்தப்பட்டு, பெட்டியினுள் வைக்கப்பட்ட மின்விளக்கால் ஒளியூட்டப்படுகிறது.

தாங்கி ஒன்றில் பொருத்தப்பட்ட ஆடியைக் கம்பிவலைத் துண்டை நோக்கித் திருப்பவும். பொருளுக்கு அருகிலேயே அதன் பிம்பம் உருவாகுமாறு பொருளுக்கும் ஆடிக்குமிடையே யுள்ள தொலைவைச் சரிசெய்யவும் [படம் 6.35].

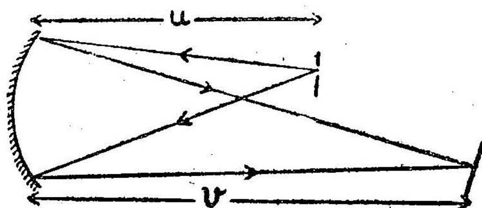



பட 6.35

இங்குப் பொருளும் பிம்பமும் ஆடியிலிருந்து அதே தொலைவில் இருப்பதால் பொருள் ஆடியின் வளைவுமையத்தில் உள்ளது. எனவே, ஆடிக்கும் பொருளுக்கும் உள்ள தொலைவு ஆடியின் வளைவு ஆரம் ($R$) ஆகும். ஆகவே, $f = \frac{R}{2}$

($c$) $u-v$ **முறை:** இம் முறையிலும் ஒளியூட்டப்பட்ட கம்பிவலைத் துண்டு பொருளாகப் பயன்படுகிறது. தாங்கியில் பொருத்தப்பட்ட ஆடியை அதன் முக்கிய அச்சு, பொருளின் வழியாகச் செல்லுமாறு பொருளுக்கு முன்னால் வைக்கவும். ஆடிக்கும் பொருளுக்கு மிடையேயுள்ள தொலைவு ஆடியின் குவியத் தூரத்தைவிட அதிகமாக இருக்க வேண்டும். இல்லையெனில் மெய்ப்பிம்பம் உருவாகாது. அடுத்து, ஆடிக்கு முன்னால் பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்களைத் தடுக்காவண்ணம் ஒரு வெண்திரையை வைக்கவும். திரையில் பொருளின் பிம்பம் தெளிவாக விழும்படித் திரைக்கும் ஆடிக்குமுள்ள தொலைவைச்

சரிசெய்யவும். ஆடியிலிருந்து பொருளின் தொலைவையும் ($u$) பிம்பத்தின் தொலைவையும் ($v$) அளவிடவும் [படம் 6.36].




படம் 6.36

இனி, $$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{v+u}{u\,v}$$

அல்லது, $$f = \frac{u\,v}{u+v}$$

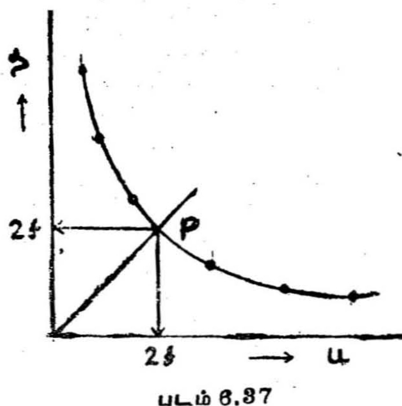
எனவே, $f$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

சிறிய பிம்பங்கள், மற்றும் பெரிய பிம்பங்களை உருவாக்கிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்து, சராசரி குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும். அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்:

| சோதனை எண் | ஆடியிலிருந்து | | குவியத் தூரம் |
|---|---|---|---|
| | பொருளின் தொலைவு ($u$) | பிம்பத்தின் தொலைவு ($v$) | $f = \frac{u\,v}{u+v}$ |
| | | | |
| | | சராசரி குவியத் தூரம் | |

($d$) **வரைபட முறை** (graphical method): $X$ அச்சில் $u$-ஐயும் $Y$-அச்சில் $v$-ஐயும் எடுத்துக்கொண்டு மேற்கண்ட

சோதனையில் உள்ள $u$, $v$ ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரையவும். இரு அச்சுகளின் அளவுத் திட்டங்களும் (scales), தொடக்கமும் (origin) ஒன்றாக இருக்க வேண்டும். வரைபடம், படம் 6.37-ல் உள்ளவாறு அமையும். பின்னர் அச்சுகளுக்கு 45° கோணத்தில் சாய்வாக ஒரு கோடு




படம் 6.37

வரையவும். இது வரைபடத்தை $P$ என்ற புள்ளியில் வெட்டு மானால் $P$-ன் $u$, $v$ மதிப்புகள் சமமாக இருக்கும். அதாவது, ஆடியிலிருந்து பொருளின் தொலைவும், பிம்பத்தின் தொலைவும் சமமாகும். எனவே, $P$ என்ற புள்ளியில் $u=v=2f$ ஆகும். ஆகையால், $f$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 40 செ.மீ. குவியத்தூரம் கொண்ட குழிஆடி ஒன்று, 8 மடங்கு உருப்பெருக்கப்பட்ட ஒரு பிம்பத்தை உருவாக்கத் தேவைப்படுகிறது. பிம்பம், மெய்ப்பிம்பமாயின் ஆடியிலிருந்து பொருளின் தொலைவையும், மாயபிம்பமாயின் பொருளின் தொலைவையும் கணக்கிடுக.

**விடை:** ஆடியின் குவியத்தூரம் $f = 40$ செ.மீ.

(i) மெய்ப்பிம்பம் :

இங்கு $v$ நேர்க்குறியுடையது.

உருப்பெருக்கம் $m = \frac{v}{u} = 8$

$\therefore \quad v = 8u$

இனி,
$$\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v}$$
$$\frac{1}{40}=\frac{1}{u}+\frac{1}{8u}$$
$$=\frac{9}{8u}$$
$$\therefore \quad 8u=9\times 40$$
$$u=45$$

பொருள் ஆடியிலிருந்து 45 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட வேண்டும்.

(ii) மாய பிம்பம்:

இங்கு $v$ எதிர்க்குறி யுடையதாகையால்,
$$m=\frac{v}{u}=-8$$
$$\therefore \quad v=-8u$$
எனவே,
$$\frac{1}{40}=\frac{1}{u}-\frac{1}{8u}$$
$$=\frac{7}{8u}$$
$$\therefore \quad 8u=7\times 40$$
$$u=35$$

பொருள் ஆடியிலிருந்து 35 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட வேண்டும்.

2. ஒரு கோளக ஆடியின்முன் 20 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட்ட ஒரு பொருளின் மாயபிம்பத்தை உருவாக்க வேண்டியிருக்கிறது. பிம்பம், ஆடியிலிருந்து (*a*) 12 செ.மீ. (*b*) 32 செ.மீ. தொலைவில் அமையவேண்டுமானல் எத்தகைய ஆடிகள் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும்? அவற்றின் குவியத் தூரங்களையும் கணக்கிடுக.

**விடை:** (*a*) பொருளின் தொலைவு ($u$) = 20 செ.மீ.

பிம்பம், மாயபிம்பமானதால்

பிம்பத்தின் தொலைவு ($v$) = — 12 செ.மீ.

எனவே,
$$\frac{1}{f}=\frac{1}{20}-\frac{1}{12}$$
$$=\frac{3-5}{60}$$

$$= -\frac{1}{30}$$

$$\therefore \qquad f = -30$$

குவியத்தூரம் எதிர்க்குறியுடையதாகையால் 30 செ.மீ. குவியத் தூரமுள்ள குவிஆடியைப் பயன்படுத்தவேண்டும்.

(b) பொருளின் தொலைவு($u$) = 20 செ.மீ.

பிம்பம் மாயபிம்பமானதால்

பிம்பத்தின் தொலைவு ($v$) = − 32 செ.மீ.

எனவே,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{20} - \frac{1}{32}$$

$$= \frac{8-5}{160}$$

$$= \frac{3}{160}$$

$$\therefore \qquad f = \frac{160}{3}$$

$$= 53 \cdot 3$$

குவியத்தூரம் நேர்க்குறியுடையதாகையால் 53.3 செ.மீ. குவியத்தூரமுள்ள குழிஆடியைப் பயன்படுத்தவேண்டும்.

3. ஒரு குழிஆடியின்முன் வைக்கப்பட்ட ஒரு பொருளின் மெய்ப்பிம்பம் பொருளின் அளவில் 5-ல் ஒரு பகுதிக்குச் சுருக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளுக்கும் பிம்பத்திற்குமிடையே யுள்ள தொலைவு 40 செ.மீ. என்ருல் ஆடியின் வளைவு ஆரத்தைக் கணக்கிடுக.

**விடை:** இங்கு பிம்பம் சுருக்கப்பட்டிருப்பதால்,

உருப்பெருக்கம் $m = \frac{v}{u} = \frac{1}{5}$

$$u = 5v.$$

மேலும், பொருளுக்கும் பிம்பத்திற்கும் இடையேயுள்ள தொலைவு 40 செ.மீ. ஆதலால்,

$$u - v = 40$$

$$\therefore \qquad 5v - v = 40$$

$$4v = 40$$

$$v = 10 \text{ செ.மீ.}$$

$$u = 50 \text{ செ.மீ.}$$

எனவே,
$$f = \frac{uv}{u+v}$$
$$= \frac{50 \times 10}{60}$$
$$f = 8{\cdot}33 \text{ செ.மீ.}$$

ஆடியின் வளைவு ஆரம் $R = 2f = 16{\cdot}67$ செ.மீ.

## வினாக்கள்

1. எதிரொளிப்பு விதிகளைக் கூறுக. அவற்றை மெய்ப்பிப்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

2 சமதள ஆடியில் உருவாகும் பிம்பங்களின் பண்புகளைக் கூறுக.

சமதள ஆடியில் பிம்பத்தின் தொலைவு ஆடியின்முன் பொருளின் தொலைவுக்குச் சமம் என்று காட்டுக. அதனை மெய்ப்பிப்பதற்கான சோதனையையும் விளக்குக.

3. இணை ஆடிகள், குத்து ஆடிகள் ஆகியவற்றின் பலபடி பிம்பங்கள் உருவாவதை விளக்குக. அவ்வகை ஆடிகளில் ஒளிக்கதிர்களின் பாதையை வரைக.

4. படுகதிர் மாறுதிருக்கும்போது ஆடி சுழற்றப்பட்டால் எதிரொளிக்கதிர் ஆடி சுழற்றப்படும் கோணத்தைப்போல் இருமடங்கு சுழற்றப்படும் என்று காட்டுக. அதனை மெய்ப்பிக்க ஒரு சோதனையை விளக்குக.

5. கோளக ஆடிகளின் வளைவு மையம், வளைவு ஆரம், முக்கியக் குவியம் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக.

ஒரு குழிஆடிக்கான $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ என்ற சமன்பாட்டைப் பெறுக.

6. கோளக ஆடிகளில் குவியத்தூரம், ஆடியிலிருந்து பொருள், பிம்பம் ஆகியவற்றின் தொலைவுகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பைப் பெறுக.

குழிஆடியின் குவியத்தூரத்தைக் காண்பதற்கான சோதனைகளை விளக்குக.

7. உருப்பெருக்கம் என்றால் என்ன? அதற்கான வாய்பாட்டைப் பெறுக.

8. ஒரு குழிஆடியின் வளைவு ஆரம் 40 செ.மீ. அதன்முன் 25 செ.மீ. தொலைவில் 5 செ.மீ. நீளமுள்ள ஒரு பொருள் வைக்கப்படுகிறது. அப் பொருளின் பிம்பத்தின் தொலைவு, இயல்பு, அளவு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. உமது விடையை வடிவியல் முறையில் சரிபார்க்க.

[தொலைவு 100 செ.மீ.; மெய்பிம்பம்; நீளம் 20 செ.மீ.]

9. 36 செ.மீ. வளைவு ஆரம் கொண்ட ஒரு குழிஆடியைக் கொண்டு 6 மடங்கு உருப்பெருக்கப்பட்ட ஒரு (*a*) மெய் பிம்பம் (*b*) மாயபிம்பத்தை உருவாக்க ஆடியிலிருந்து பொருள் வைக்கப்பட வேண்டிய தொலைவைக் கணக்கிடுக.

[21 செ.மீ.; 15 செ.மீ.]

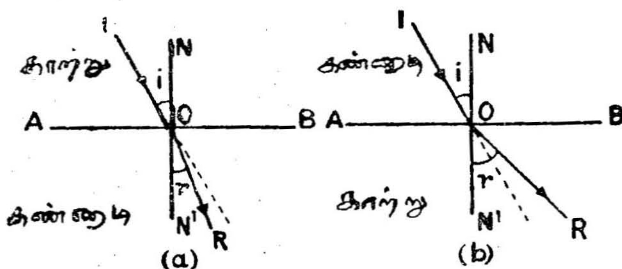
10. பொருளிலிருந்து 40 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப் பட்டுள்ள ஒரு திரையில் 5 மடங்கு உருப்பெருக்கப்பட்ட ஒரு மெய்பிம்பத்தை உருவாக்கப் பயன்படுத்தவேண்டிய ஆடியின் வளைவு ஆரத்தைக் கணக்கிடுக. [16.67 செ.மீ.]

**ஒளிவிலகல்** (Refraction)

ஓரியல் (homogenous) ஊடகத்தில் ஒளி செல்லும்போது அது ஒரு நேர்கோட்டில் செல்லுகிறது. ஆனால், ஓர் ஊடகத்தி லிருந்து மற்றோர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது அவை களுக்குப் பொதுவான பிரிதளத்தில் அதன் திசை மாறுகிறது. இத் திசைமாற்றம் ஒளிவிலகல் என அழைக்கப்படுகிறது.

**சமதளத்தில் ஒளிவிலகல்**

ஓர் ஊடகத்தினின்றும் மற்றோர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும்




படம் 6.38

ஒளிக்கதிர் (*IO*) ஒன்றை எடுத்துக்கொள்வோம். *AB* என்பது அவ்விரு ஊடகங்களின் பிரிதளமாக இருக்கட்டும் [படம் 6.38].

முதல் ஊடகத்தில் பிரிதளத்தை நோக்கிச் செல்லும் கதிர் $(IO)$ **படுகதிர்** என அழைக்கப்படுகிறது. படுகதிர் பிரிதளத்தைச் சந்திக்குமிடம் $(O)$ **படுதானம்** என அழைக்கப் படுகிறது.

இரண்டாவது ஊடகத்தில் திசைமாறிச் செல்லும் கதிர் **விலகுகதிர்** $(OR)$ என அழைக்கப்படுகிறது.

படுதானத்தில் பிரிதளத்திற்கு வரையப்படும் செங்குத்துக் கோடு $(NON')$ **லம்பம்** என அழைக்கப்படுகிறது.

படுகதிருக்கும் லம்பத்திற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் **படுகோணம்** $(i)$ என்றும், விலகுகதிருக்கும் லம்பத்திற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் $(r)$ **விலகுகோணம்** (angle of refraction) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

படம் 6.38-ல் $\hat{ION} = i$; $N'\hat{N}R = r$

ஓர் ஒளிக்கதிர் அடர்குறைவு ஊடகத்திலிருந்து அடர்மிகு ஊடகத்தினுள் செல்லும்போது விலகுகதிர் லம்பத்தை நோக்கியும் [படம் 6.38*a*], அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர் குறைவு ஊடகத்தினுள் செல்லும்போது விலகுகதிர் லம்பத்தை விட்டும் [படம் 6.38*b*] விலகிச் செல்லுகிறது. படம் 6.38*a*-ல் விலகுகோணம் படுகோணத்தைவிடக் குறைவாகவும் $(r<i)$, படம் 6.38*b*-ல் விலகுகோணம் படுகோணத்தைவிட அதிகமாகவும் $(r>i)$ இருக்கிறது.

**ஒளிவிலகல் விதிகள்**

**முதல் விதி:** படுகதிர், விலகுகதிர், படுதானத்தில் பிரிதளத்திற்கு வரையப்பட்ட லம்பம் ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.

**இரண்டாம் விதி:** ஒரு குறிப்பிட்ட நிறமுடைய ஒளி இரு குறிப்பிட்ட ஊடகங்களிடையே விலகலடையும்போது படுகோணத்தின் சைனுக்கும் விலகுகோணத்தின் சைனுக்கும் உள்ள தகவு ஒரு மாறிலியாகும். ஒளியின் நிறமும் ஊடகங்களும் மாருமலிக்கும்வரை மாறிலியின் மதிப்பு மாருது.

படம் 6.38-ல்

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{ஒரு மாறிலி.}$$

மாறிலி, முதல் ஊடகத்தைப் பொறுத்து இரண்டாவது ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் என அழைக்கப்படுகிறது. இதனை, ஊடகம் 1-லிருந்து ஊடகம் 2-க்கு ஒளி செல்லுவதற்கான விலகல் எண் என்று பொருள்படும் வகையில் $\mu_2$ எனக் குறிக்கிறோம்.

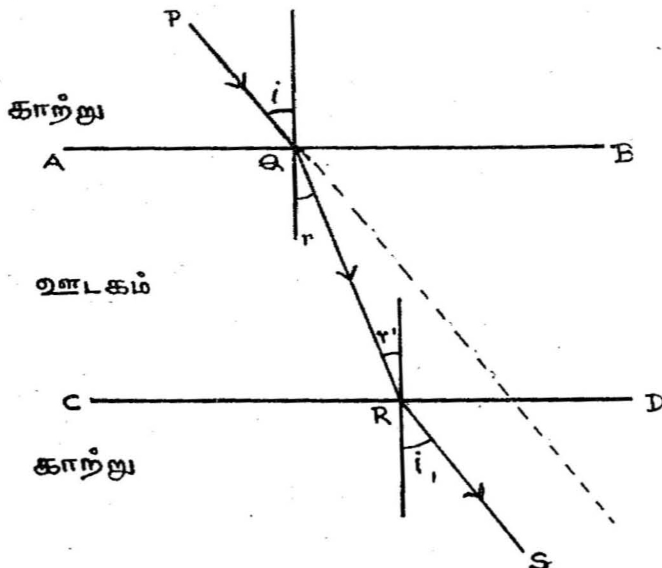
**ஓர் ஊடகத்தின் விலகல் எண்**

ஒரு குறிப்பிட்ட நிறமுடைய ஒளிக்கதிர் காற்று அல்லது வெற்றிடத்திலிருந்து ஊடகத்தினுள் செல்லும்போது படுகோணத்தின் சைனுக்கும் விலகுகோணத்தின் சைனுக்கும் உள்ள மாருத தகவு அந்த ஊடகத்தின் அந் நிற ஒளிக்கான விலகல் எண் எனப்படும்.

படம் 6.38*a*-ல் காற்றிலிருந்து கண்ணுடிக்கு ஒளிக்கதிர் செல்லுவதால்,

$$\text{கண்ணுடியின் விலகல் எண் } (\mu) = \frac{\sin i}{\sin r}$$

**இணைபக்கங்களையுடைய ஊடகத்தின் வழியே நிகழும் ஒளிவிலகல்**




படம் 6.39

*AB*, *CD* என்பன காற்றில் வைக்கப்பட்ட ஓர் ஊடகத்தின் இரு இணைபக்கங்களெனக் கொள்வோம் [படம் 6.39].

$PQ$ என்னும் கோட்டின் வழியே சென்று ஊடகத்தின் $AB$ என்ற பக்கத்தில் $Q$ என்ற புள்ளியில் $i$ என்ற படுகோணத்தில் விழும் ஒரு கதிரை எடுத்துக் கொள்வோம். கதிர், காற்றைவிட அடர் மிகு ஊடகத்தினுள் செல்லுவதால் விலகுகதிர் லம்பத்தை நோக்கி விலகும். விலகுகோணத்தை $r$ எனக் குறிப்போம். அடுத்து, விலகுகதிர் ஊடகத்தின் $CD$ என்ற பக்கத்தில் $R$ என்ற புள்ளியில் விலகலடைந்து, காற்றில் $RS$ என்ற கோட்டின் வழியே வெளிப்படும். $RS$ என்ற கதிர் **விடுகதிர்** (emergent ray) எனப்படுகிறது; அது $R$ என்ற புள்ளியில் $CD$-க்கு வரையப்பட்ட லம்பத்தோடு அமைக்கும் கோணம் **விடுகோணம்** (angle of emergence) எனப்படுகிறது. அதனை $i_1$ எனவும், $R$ என்ற புள்ளியில் ஊடகத்தினுள் படுகோணத்தை $r_1$ எனவும் குறிப்பிடுவோம். $AB$, $CD$ ஆகிய இரு பக்கங்களும் இணைபக்கங்களாதலால் அவைகளுக்கு வரையப்பட்ட லம்பங்களும் இணையாக இருக்கும்.

எனவே, படம் 6.40-ல் $r = r_1$
ஆகையால், $i = i_1$

படுகதிரை நீட்டிவிட்டால் அது விடுகதிருக்கு இணையாக இருப்பதைக் காணலாம். எனவே, இணைபக்கங்களையுடைய ஊடகத்தின் வழியே ஒளிவிலகல் நிகழும்போது ஒளிக் கதிருக்கு இடப்பெயர்ச்சி ஏற்படுகிறது; விலகல் ஏற்படுவதில்லை.

மேலும் $Q$-ல் காற்றிலிருந்து ஊடகத்தினுள் நிகழும் ஒளி விலகலைக் கருதுவோமானல்,

ஊடகத்தின் விலகல் எண் $(\text{கா}\,\mu\,\text{ஊ}) = \dfrac{\sin i}{\sin r}$

$R$-ல், ஊடகத்திலிருந்து காற்றினுள் நிகழும் ஒளி விலகலைக் கருதுவோமானல்,

ஊடகத்தைப் பொறுத்துக் காற்றின் விலகல் எண்

$$(\text{ஊ}\,\mu\,\text{கா}) = \frac{\sin r_1}{\sin i_1}$$

ஆனல் $i_1 = i$, $r_1 = r$

$$\text{எனவே, ஊ}\,\mu\,\text{கா} = \frac{\sin r}{\sin i}$$

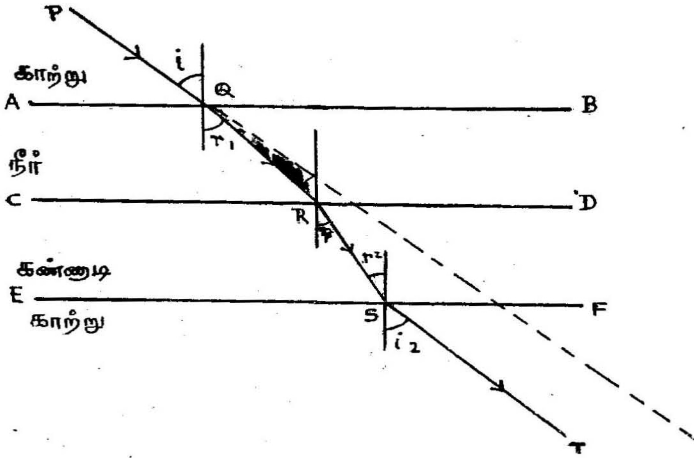
$$= \frac{1}{\sin i/\sin r}$$

$$\text{அதாவது, ஊ}\,\mu\,\text{கா} = \frac{1}{\text{கா}\,\mu\,\text{ஊ}} \qquad \text{.............ச.6.6}$$

## இணைபக்கங்களையுடைய இரண்டுக்கு மேற்பட்ட ஊடகங்களின் வழியே நிகழும் ஒளிவிலகல்

படம் 6.40-ல் $AB$, $CD$, $EF$ என்பன முறையே காற்று—நீர், நீர்—கண்ணாடி, கண்ணாடி—காற்று ஆகியவற்றின் இணையான பிரிதளங்களைக் குறிக்கின்றன.

காற்றிலிருந்து $PQ$ என்ற கோட்டின் வழியே காற்று—நீர் பிரிதளத்தில் $Q$ என்ற புள்ளியில் விழும் ஒளிக்கதிரைக் கருதுவோம். நீர், காற்றை நோக்குமிடத்து அடர்மிகு ஊடகமாதலால் விலகுகதிர் லம்பத்தை நோக்கி விலகி $QR$ என்ற திசையில் செல்லும். இக் கதிர் அடுத்து நீர்—கண்ணாடி பிரிதளத்தில் $R$ என்ற புள்ளியில் விலகலடையும். நீரை நோக்குமிடத்துக் கண்ணாடி அடர்மிகு ஊடகமாதலால், கதிர் லம்பத்தை நோக்கி விலகி $RS$ என்ற திசையில் சென்று




படம் 6.40

கண்ணாடி—காற்று பிரிதளத்தில் $S$ என்ற புள்ளியில் விழும். கண்ணாடியை நோக்குமிடத்துக் காற்று அடர்குறைவு ஊடகமாதலால், கதிர் லம்பத்தைவிட்டு விலகி $ST$ என்ற திசையில் செல்லும். $ST$ என்பது விடுகதிராகும். படுகதிர் $PQ$-ம் விடுகதிர் $ST$-ம் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்கும்.

$Q$-ல் படுகோணம் $i_1$ எனவும், விலகுகோணம் $r_1$ எனவும், $R$-ல் விலகுகோணம் $r_2$ எனவும், $S$-ல் விடுகோணம் $i_2$ எனவும் கொள்வோம். பிரிதளங்கள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருப்பதால் $R$-ல் படுகோணம், $r_1$ ஆகவும், $S$-ல்

படுகோணம் $r_2$ ஆகவும் இருக்கும். $\mu$நீ, $\mu$க, நீ$\mu$க என்பன முறையே நீர், கண்ணடி, நீரைப் பொறுத்துக் கண்ணடி ஆகியவற்றின் விலகல் எண்கள் எனக் கொள்வோம்.

$$\mu \text{ நீ} = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$$

$$\text{நீ } \mu \text{ க} = \frac{\sin r_1}{\sin r_2}$$

$$\text{க}\mu\text{கா} = \frac{\sin r_2}{\sin i_2}$$

$$\therefore \quad \mu\text{க} = \frac{1}{\text{க}\mu\text{கா}} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2}$$

மேலும், படுகதிரும் விடுகதிரும் இணையாக இருப்பதால் $i_1 = i_2$.

எனவே, $\mu\text{க} = \dfrac{\sin i_1}{\sin r_2}$

இனி, $\dfrac{\mu\text{க}}{\mu\text{நீ}} = \dfrac{\sin i_1}{\sin r_2} \Big/ \dfrac{\sin i_1}{\sin r_1}$

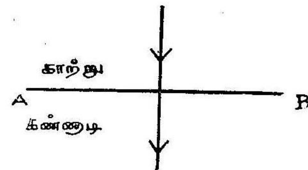
$$= \frac{\sin r_1}{\sin r_2}$$

$$= \text{நீ}\mu\text{க}$$

$$\therefore \quad \text{நீர் } \mu \text{ கண்ணடி} = \frac{\mu \text{ கண்ணடி}}{\mu \text{ நீர்}} \qquad \text{........ச} \cdot 6.7$$

### லம்பத்தின் வழியே செல்லும் கதிர்

ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றோர் ஊடகத்திற்கு அவ்விரு ஊடகங்களின் பிரிதளத்திற்கு வரையப்பட்ட லம்பத்தின் வழியே ஒரு கதிர் செல்லுவதாகக் கொள்வோம் [படம் 6.41].



படம் 6.41

இரு ஊடகங்களுக்கிடையே ஒளிவிலகல் நிகழும் போது $\dfrac{\sin i}{\sin r} = \mu$ (மாறிலி) என்பதை நாம் அறிவோம்.

எனவே, $\sin i = \mu \sin r$

படுகோணம் $(i)$ சுழியானல் $\sin i = 0$ ஆகும்.

அதாவது, $\mu \sin r = 0$

$\mu$ மாறிலியாதலால் அதன் மதிப்புச் சுழியாக இருக்காது.

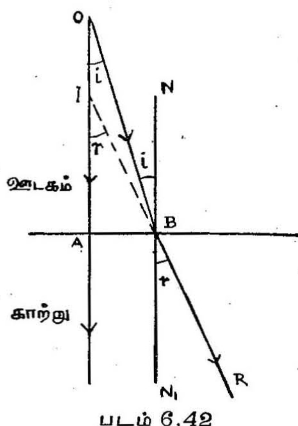
எனவே, $\sin r = 0$

அல்லது, $r = 0$

ஆகையால், லம்பத்தின் வழியே இரு ஊடகங்களின் பிரிதளத்தை நோக்கிச் செல்லும் ஒரு கதிர் விலகலடையாமல் நேரே செல்லும். இது லம்பவழி ஒளிவிலகல் (Normal refraction) எனப்படும்.

**லம்பவழி விலகலால் உருவாகும் பிம்பம்**

விலகல் எண் $\mu$ ஆக உள்ள ஓர் ஊடகத்திலுள்ள $O$ என்ற பொருளைக் காற்றிலிருந்து நோக்குவதாகக் கொள்வோம். $AB$ என்பது காற்று — ஊடகப் பிரிதளமாக இருக்கட்டும் [படம் 6.42]. $O$-லிருந்து $AB$-க்கு வரையப்பட்ட லம்பத்தின் வழியேசெல்லும் கதிர் விலகலடையாமல் நேராகச் செல்லும். லம்பத் திசைக்குச் சற்றே சாய்ந்த திசையில்செல்லும் $OB$என்ற கதிர், காற்றில் லம்பத்தை விட்டு விலகி $BR$ என்ற திசை வழியே செல்லுகிறது. $RB$ஐ ஊடகத்தினுள் நீட்டிவிட்டால் $OA$ஐ $I$ என்ற புள்ளியில் சந்திப்பதாகக் கொள்வோம். $I$ என்பது $O$-ன் பிம்பமாகும். பொருள், புரிதளத்தை நோக்கி நகர்ந்திருப்பதாகத் தோன்றுகிறது.



படம் 6.42

$NBN_1$ என்பது $B$ என்ற புள்ளியில் $AB$-க்கு வரையப்பட்ட லம்பமானல் $O\hat{B}N$ = ஊடகத்தில் படுகோணம் $(i)$

$N_1\hat{B}R$ = காற்றில் விலகுகோணம் $(r)$

$OA$, $NBN_1$-க்கு இணையாக இருப்பதால்

$A\hat{O}B = O\hat{B}N = i$ [ஒன்றுவிட்ட கோணங்கள்]

$A\hat{I}B = N_1\hat{B}R = r$ [ஒத்த கோணங்கள்]

$$_{ஊ}\mu_{கா} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$= \frac{\sin A\hat{O}B}{\sin A\hat{I}B}$$

$$= \frac{AB/OB}{AB/IB}$$

$$= \frac{IB}{OB}$$

$$\therefore \quad \mu_{ஊ} = \frac{1}{_{ஊ}\mu_{கா}} = \frac{OB}{IB}$$

$OB$, $OA$-க்குச் சற்றே சாய்ந்திருப்பதால் $OB = OA$ என்றும், $IB = IA$ என்றும் தோராயமாகக் கொள்ளலாம்.

எனவே, $\mu_{ஊ} = \frac{OA}{IA}$

$$= \frac{\text{பிரிதளத்திலிருந்து பொருளின் தொலைவு}}{\text{பிரிதளத்திலிருந்து பிம்பத்தின் தொலைவு}}$$

அல்லது, $\mu_{ஊ} = \frac{\text{பிரிதளத்திலிருந்து பொருளின் மெய்த்தொலைவு}}{\text{பிரிதளத்திலிருந்து பொருளின் தோற்றத் தொலைவு}}$ ........ச.6.8

குறிப்பு: காற்றிலுள்ள ஒரு பொருளை ஊடகம் ஒன்றிலிருந்து நோக்கினுல்,

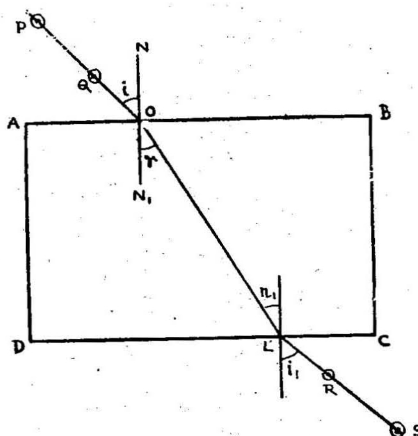
$$\mu_{ஊ} = \frac{\text{தோற்றத் தொலைவு}}{\text{மெய்த்தொலைவு}}$$

**ஒளிவிலகல் விதிகளைச் சோதனை மூலம் மெய்ப்பித்தல்**

இச் சோதனைக்குச் செவ்வக வடிவக் கண்ணுடிப் பட்டை ஒன்றைப் பயன்படுத்துகிருேம்.

வரைபலகை ஒன்றின்மீது பொருத்தப்பட்ட காகிதத்தின் மேல் கண்ணுடிப் பட்டையை வைத்து அதன் எல்லைகளை ($ABCD$) வரைந்துகொள்ளவும் [படம் 6-43]. $AB$-ல் $O$ என்ற புள்ளியில் $NON_1$ என்ற லம்பத்தையும் லம்பத்துடன் தக்க கோணத்தை ($30°$) அமைக்குமாறு $PQ$ என்ற கோட்டையும் வரையவும். $PQ$ என்ற கோடு படுகதிரையும் $P\hat{O}N$ என்ற கோணம் படுகோணத்தையும் ($i$) குறிக்கின்றன. பட்டையை

அதன் எல்லைக்குள் வைத்து $PQ$ என்ற கோட்டில் சுமார் 5 செ.மீ. இடைவெளியில் $P, Q$ என்ற இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாக நிறுத்தவும். அவைகளை $CD$ என்ற பக்கத்தின் வழியே நோக்கி அவற்றின் பிம்பங்களோடு ஒரே நேர்கோட்டில்




படம் 6.43

அமையுமாறு $R, S$ என்று இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாக நிறுத்தவும். குண்டூசிகளின் நிலையைக் குறித்துக் கொண்ட பின் பட்டையையும் குண்டூசிகளையும் அப்புறப்படுத்தி, $R, S$ ஆகிய குண்டூசிகளின் நிலைகளை ஒரு நேர்கோட்டால் சேர்க்கவும். $R, S$ வழியே செல்லும் கதிர் விடுகதிராகும். விடுகதிர் $CD$ஐ $L$ என்னுமிடத்தில் சந்திப்பதாகக் கொள்வோம். $O, L$ என்ற புள்ளிகளை இணைக்கவும். $OL$ என்பது விலகுகதிரைக் குறிக்கும். $L\hat{O}N_1$ விலகுகோணமாகும்.

**இரண்டாம் விதி :** $O$-ல் விலகுகோணத்தை $(r)$ அளவிடவும். படுகோணத்தின் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு (40, 50, 60) சோதனையைத் திருப்பிச் செய்து விலகு கோணத்தை அளவிடவும். அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தி ஒவ்வொரு படுகோணத்திற்கும் $\frac{\sin i}{\sin r}$-ன் மதிப்பைக் காணவும்.

| சோதனை எண் | படுகோணம் ($i$) | விலகுகோணம் ($r$) | $\frac{\sin i}{\sin r}$ |
|---|---|---|---|
| | | | மாறிலி |

அட்டவணையின் கடைசிப் பத்தியிலுள்ள மதிப்புகள் மாறுமல் இருப்பதைக் காணலாம். இவ்வாருக இரண்டாம் விதி மெய்ப்பிக்கப்படுகிறது.

$L$-ல் படுகோணத்தையும் ($r_1$) விலகுகோணத்தையும் ($i_1$) அளவிட்டும் இரண்டாம் விதியை மெய்ப்பிக்கலாம். எல்லாச் சோதனைகளிலும் $\frac{\sin i_1}{\sin r_1}$ மாறிலியாயிருப்பதைக் காணலாம்.

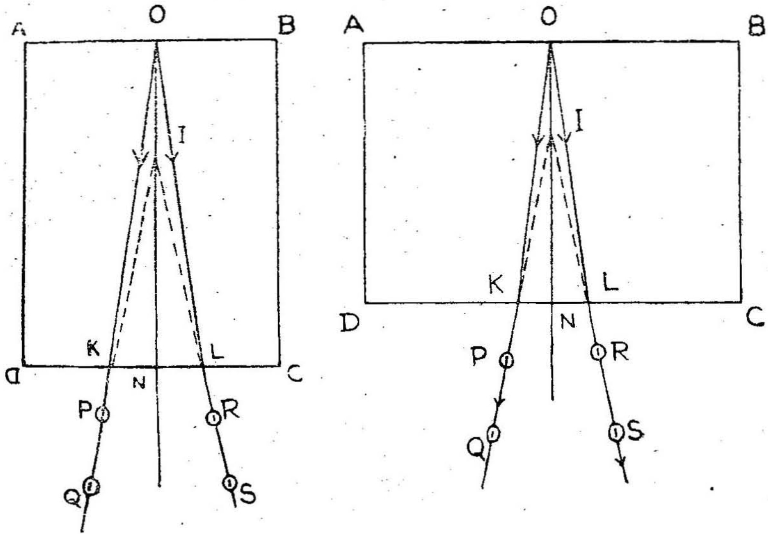
மேலும், $\frac{\sin i}{\sin r}$, $\frac{\sin i_1}{\sin r_1}$ ஆகியவற்றின் சராசரி மதிப்பு கண்ணுடியின் விலகல் எண்ணைக் கொடுக்கிறது.

முதல் விதி : $P$, $Q$ என்ற குண்டூசிகளின் முனைகளின் வழியே செல்லும் கதிர் பட்டையின்வழியே சென்றபின் $R,S$ என்ற குண்டூசிகளின் முனைகள் வழியே வெளியேறுகிறது. அதாவது படுகதிரும் விடுகதிரும் ஒரே தளத்தில், அதாவது, காகிதத்தின் தளத்தில் அமைகின்றன. எனவே, விலகு கதிரும் அதே தளத்தில் அமையும். மேலும், கண்ணுடிப் பட்டையின் $AB$ என்ற பக்கம் காகிதத்திற்குச் செங்குத்தாக இருப்பதால் $O$-ல் வரையப்பட்ட லம்பமும் காகிதத்தின் தளத்திலேயே அமையும். இதுவே முதல் விதி.

## லம்ப வழிவிலகல் முறையில் கண்ணுடியின் விலகல் எண்ணைக் காணல்

வரைபலகை ஒன்றின்மீது பொருத்தப்பட்ட காகிதம் ஒன்றில் செவ்வகக் கண்ணுடிப் பட்டையை வைத்து அதன் எல்லைகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும். படம் 6.44-ல் $ABCD$ என்பது பட்டையின் எல்லை. $AB$-ல் $O$ என்ற புள்ளியிலிருந்து $CD$-க்கு ஒரு லம்பம் ($ON$) வரையவும். $O$-ல் ஒரு

குண்டூசியை நிறுத்திப் பட்டையை அதன் எல்லையில் வைக்கவும். பட்டையில் $CD$ என்ற பக்கத்தின் வழியே லம்பத்திற்கு ஒரு பக்கத்தில், வெகு அண்மையில் குண்டூசியை நோக்கி அதன் பிம்பத்தோடு ஒரே நேர்கோட்டில் அமையுமாறு $P,Q$ என்ற இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தவும். அடுத்து, லம்பத்தின் மறுபுறம் வெகு அண்மையில் நோக்கி $O$-ன் பிம்பத்தோடு ஒரே நேர்கோட்டில்




படம் 6.44

அமையுமாறு $R,S$ என்ற மற்றுமிரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தவும்.

அடுத்து, குண்டூசிகளின் நிலைகளைக் குறித்துக்கொண்ட பின் குண்டூசிகளையும் பட்டையையும் அப்புறப்படுத்திவிட்டு $P$, $Q$ என்ற குண்டூசிகளின் நிலைகளையும் $R$, $S$ என்ற குண்டூசிகளின் நிலைகளையும் சேர்த்துப் பின்னுக்கு நீட்டிவிடவும். அவை $ON$-ல் $I$ என்ற புள்ளியில் சந்திப்பதாகக் கொள்வோம். $I$ என்பது $O$-ன் பிம்பமாகும். $PQ$, $RS$ ஆகிய கோடுகள் $CD$ஐச் சந்திக்கும் புள்ளிகளை $(K, L)$ $O$ உடன் இணைக்கவும். $OK$, $OL$ என்னும் கோடுகள் பட்டையினுள் கதிர்களின் பாதையைக் குறிக்கும். $ON$, $IN$ ஆகிய தொலைவுகளை அளவிடவும்.

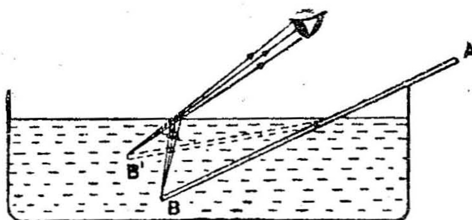
பின்னர்,

$$\left.\begin{array}{c}\text{கண்ணாடியின்}\\ \text{விலகல் எண்}\end{array}\right\}(\mu_{\text{க}}) = \frac{\text{பொருளின் மெய்த்தொலைவு}}{\text{பொருளின் தோற்றத் தொலைவு}} = \frac{ON}{IN}.$$

பட்டையை வெவ்வேறு நிலையில் வைத்துச்சோதனையைத் திருப்பிச் செய்யவும்.

**ஒளி விலகலால் ஏற்படும் விளைவுகள்**

1. ஒரு பகுதி நீரில் மூழ்குமாறு வைக்கப்பட்ட நேரான ஒரு கோலின் நீரிலுள்ள பகுதி வளைந்தாற்போல் தோன்றுகிறது. இது ஒளிவிலகலால் ஏற்படும் ஒரு விளைவாகும். $AB$ என்ற கோலின் ஒரு பகுதி நீரினுள் இருப்பதாகக் கொள்வோம். நீரிலுள்ள $B$ முனையிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் நீர்மட்டத்தில் விலகலடைந்து நீர்மட்டத்திற்கு அருகிலுள்ள $B'$ என்னும் புள்ளியிலிருந்து வருவதாகத் தோன்றும் [படம் 6.45]. எனவே, கோலின் $B$ முனை $B'$-ல் இருப்பதாகத்

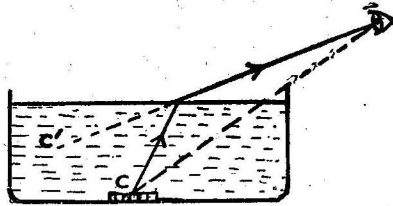



படம் 6.45

தோன்றும். இதைப்போலவே நீரிலுள்ள கோலின் பகுதியின் ஒவ்வொரு புள்ளியும் நீர்மட்டத்திற்கு அருகே சிறிதளவு உயர்ந்திருப்பதாகத் தோன்றும். எனவே, நீரிலுள்ள பகுதி வளைந்திருப்பதுபோல் தோன்றுகிறது.

2. **கிண்ணமும் காசும்:** ஒளிவிலகலை விளக்கும் சோதனைகளில் மனத்தைக் கவரும் ஒன்று 'கிண்ணமும் காசும்' என்ற சோதனையாகும். ஆழம் அதிகமில்லாத ஒரு கிண்ணத்தில் அடியில் ஒரு காசு வைக்கவும். பின்னர் அந்தக் காசு சற்றே மறையும்வரை தொட்டியிலிருந்து விலகிச் செல்லவும்[படம் 6.46]. அவ்விடத்திலேயே இருந்துகொண்டு கிண்ணத்தைக் கக்க உ யாக்கிற்கு நீரால் நிரப்பத் தொடங்கவும்

காசு திரும்பவும் தெரிவதைக் காணலாம். காசிலிருந்து புறப்படும் கதிர் நீர்மட்டத்தில் விலகலடைவதால் காசு

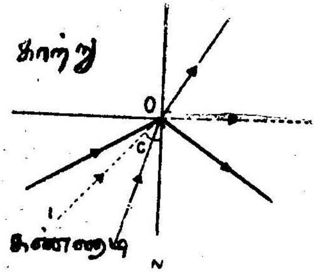



படம் 6.46

நீர்மட்டத்திற்கு அருகில் சற்று உயர்ந்திருப்பதாகத் தோன்றுவதே இதற்குக் காரணம்.

**மாறுநிலைக்கோணமும் பூரண அக எதிரொளிப்பும் (Critical Angle and Total Internal Reflection)**

அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறைவு ஊடகத்தினுள் ஒளிவிலகல் நிகழும்போது [படம் 6.47] விலகுகோணம் படுகோணத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும். படுகோணத்தைச் சிறிது சிறிதாக அதிகமாக்கிக் கொண்டே போனால் விலகு கோணமும் அதிகமாகும்; படு கோணத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்புக்கு விலகுகதிர் பிரி தளத்தின் வழியே செல்லும். அதாவது, விலகுகோணம் 90° ஆகும்.




படம் 6.47

**ஓர் ஊடகத்தின் மாறுநிலைக் கோணம்**

**ஊடகத்திலிருந்து காற்றினுள் ஒளிவிலகல் நிகழும்போது ஊடகத்தினுள் எந்தப் படுகோணத்திற்கும் விலகுகோணம் 90° ஆக இருக்கிறதோ அது ஊடகத்தின் மாறுநிலைக் கோணம் எனப்படும்.**

அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து காற்றையல்லாத வேறொரு அடர்குறைவு ஊடகத்தினுள் ஒளி விலகலடையும்போது எந்தப் படுகோணத்திற்கு விலகுகோணம் 90° ஆக இருக்கிறதோ அது, அடர்குறைவு ஊடகத்தைப் பொறுத்து அடர்மிகு ஊடகத்தின் மாறுநிலைக்கோணம் எனப்படும்.

அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணம் அதன் மாறுநிலை அளவைவிட அதிகமாக்கப்பட்டால் கதிர் அடர்குறைவு ஊடகத்தினுள் விலகலடையாமல் அடர்மிகு ஊடகத்தினுள்ளேயே முழுவதுமாக எதிரொளிக்கப்படுகிறது. இந்த எதிரொளிப்பு பூரண அக எதிரொளிப்பு எனப்படுகிறது.

**பூரண அக எதிரொளிப்பு நிகழ்வதற்கான தகுதிகள்**

**1. அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறைவு ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லவேண்டும்.**

**2. அடர்மிகு ஊடகத்தில் படுகோணம் அதன் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.**

**மாறுநிலைக் கோணமும் விலகல் எண்ணும்**

படம் 6.47-ல் $IO$ என்ற படுகதிர் லம்பத்தோடு அமைக்கும் கோணம் ஊடகத்தின் மாறுநிலைக்கோணம் ($C$) எனக் கொள்வோம். காற்றில் விலகுகோணம் $90°$ ஆக இருக்கும்.

எனவே, $_{ஊ}\mu_{கா} = \dfrac{\sin C}{\sin 90} = \sin C$

$\therefore$ ஊடகத்தின் விலகல் எண் $(\mu_{ஊ}) = \dfrac{1}{_{ஊ}\mu_{கா}} = \dfrac{1}{\sin C}$

அதாவது, $\mu_{ஊ} = \dfrac{1}{\sin C}$ ......ச.6.9

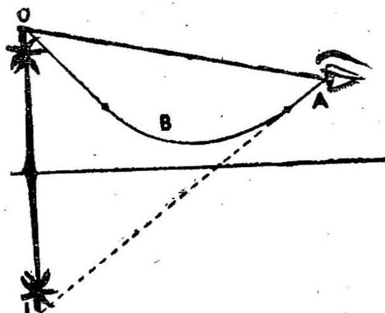
**பூரண அக எதிரொளிப்பின் விளைவுகள்**

1. **வைரத்தின் மினுமினுப்பு :** வைரத்தின் விலகல் எண் அதிகமாக இருப்பதால் (2.4) அதன் மாறுநிலைக்கோணம் குறைவாக இருக்கிறது (சுமார் 24·5°). வைரத்தைத் தக்க முறையில் பட்டை தீட்டுவதன் மூலம் அதனுள் நுழையும் ஒளி பலமுறை பூரண அக எதிரொளிப்பு அடைந்து குறிப்பிட்ட சில திசைகளில் மட்டுமே வெளிப்படுமாறு செய்யலாம். எனவே, வைரத்தினின்று வெளிப்படும் கதிர்கள் பொலிவு மிக்கதாக அமைந்து வைரத்தை மினுமினுக்கச் செய்கின்றன.

2. **கானல் நீர் (Mirage) :** இது, வெப்ப மிகுந்த நாள்களில் பாலைவனங்களில் அடிக்கடி காணப்படும் ஒரு பொய்த் தோற்றமாகும். இது, பூரண அக எதிரொளிப்பு விளைவுகளில் ஒன்றாகும்.

வெப்ப மிகுந்த நாள்களில் பாலைவன மணற்பரப்போடு தொடர்பு கொண்டுள்ள காற்றுப் படலம் மிகவும் வெப்பமுறுவதால் அதன் அடர்த்தி மிகவும் குறைவாக இருக்கும்.

மேலும், மேலே செல்லச் செல்லக் காற்றின் அடர்த்தி சிறிது சிறிதாக அதிகமாகிறது. இந் நிலையில் தொலைவிலுள்ள மரத்தின் உச்சியிலிருந்து அதிக கோணங்களில் நிலப்பரப்பை நோக்கி நகரும் கதிர்கள் சிறிது சிறிதாக வளைகின்றன. அவ்வாறு வளையும் கதிர்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட படலத்தின் பிரிதளத்தில் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமான படுகோணத்தில் விழுந்து, பூரண அக எதிரொளிப்பு அடைந்து மேல்நோக்கி நகர்ந்து பார்வையாளரின் கண்களை அடைகின்றன [படம் 6.48]. இதனால் காட்சியாளருக்கு நீர்ப்பரப்பில்

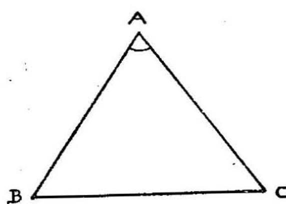



படம் 6.48

எதிரொளிப்பால் ஏற்படும் மரத்தின் பிம்பம்போன்ற தலைகீழ் பிம்பம் ஒன்று தோன்றுகிறது. மேலும், மரத்தை நேர்கதிர் ஒன்றால் காட்சியாளர் பார்க்க முடிகிறது. எனவே, மரத்தருகில் ஒரு நீர்நிலை இருப்பது போன்ற ஒரு பொய்த்தோற்றம் பார்வையாளருக்கு ஏற்படுகிறது. இப் பொய்த்தோற்றமே கானல்நீர் எனப்படுகிறது.

### முப்பட்டகத்தின் வழியே நிகழும் ஒளி விலகல்

முப்பட்டகம் என்பது ஒன்றுக்கொன்று சாய்ந்துள்ள மூன்று சமதளப் பரப்புகளால் சூழப்பட்ட ஒளிபுகு ஊடகம் ஒன்றின் பகுதியாகும். அப் பரப்புகளுள் இரண்டு ஒளிவிலக்குப் பரப்புகள் (refracting surfaces) எனவும், அவைகளுக்கு இடைப்பட்ட கோணம் ஒளி விலக்குக் கோணம் (refracting angle) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

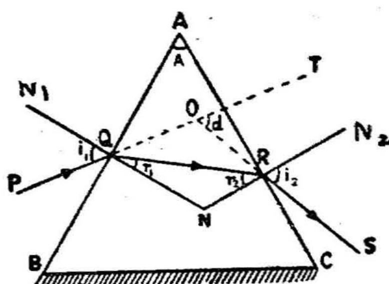



படம் 6.49

மூன்றாவது பக்கம் முப்பட்டகத்தின் அடித்தளம் (base) எனப்படுகிறது. இம் மூன்று தளங்களுக்கும் செங்குத்தான குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு ஒரு முக்கோணமாக அமையும்.

படம் 6.49-ல் $ABC$ என்பது அத்தகைய குறுக்குவெட்டுப் பரப்பைக் குறிக்கிறது. $AB$, $AC$ என்பன ஒளிவிலக்குப் பரப்புகளையும், $BC$ என்பது அடித்தளத்தையும் குறிக்கின்றன. $AB$-க்கும் $AC$-க்கும் இடைப்பட்ட கோணம்($A$) ஒளிவிலக்குக் கோணமாகும்.

இனி, $AB$ என்ற பரப்பில் $Q$ என்ற புள்ளியில் $PQ$ என்ற கதிர் விழுவதாகக் கொள்வோம் [படம் 6.50]. இது,




படம் 6.50

கண்ணாடிக்குள் செல்லும்போது $AB$-க்கு $Q$-ல் வரையப்பட்ட லம்பத்தை ($N_1QN$) நோக்கி விலகிச் சென்று $AC$ என்ற பரப்பில் $R$ என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. $QR$ என்பது விலகு கதிராகும். பின்னர் முப்பட்டகத்திலிருந்து வெளியேறும்போது $AC$-க்கு $R$-ல் வரையப்பட்ட லம்பத்தை ($NRN_2$) விட்டு விலகி $RS$ என்ற திசையில் செல்லுகிறது. $RS$ என்பது விடுகதிராகும் [படம் 6.50]. எனவே, $AB$, $AC$ ஆகிய இரு பரப்புகளிலும் ஒளிவிலகல் நிகழும்போது ஒளிக்கதிர் முப்பட்டகத்தின் அடித்தளத்தை நோக்கியே வளைகிறது.

$Q$-ல் படுகோணம், விலகுகோணம் ஆகியவற்றை முறையே $i_1$, $r_1$ எனவும், $R$-ல் அவற்றை முறையே $r_2$, $i_2$ எனவும் குறிப்பிடுவோம். $i_2$ விடுகோணம் எனவும் அழைக்கப்படும். படுகதிருக்கும் விடுகதிருக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் திசை மாற்றக் கோணம் (angle of deviation—$d$) என அழைக்கப் படுகிறது. படம் 6.50-ல் $T\hat{O}R = d$.

படம 6.50 ல் $AQNR$ என்ற நாற்கரத்தில்

$$A\hat{Q}N + A\hat{R}N = 90 + 90 = 180^\circ$$

$$\therefore \quad A + Q\hat{N}R = 180 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\text{ச. } 6.10$$

*QNR* என்ற முக்கோணத்தில்

$$r_1 + r_2 + Q\hat{N}R = 180^\circ \qquad \text{......ச.6.11}$$

ச. 6.10, ச. 6.11 ஆகியவற்றிலிருந்து

$$r_1 + r_2 = A \qquad \text{......ச. 6.12}$$

மேலும், *QOR* என்ற முக்கோணத்தில்

$$O\hat{Q}R + O\hat{R}Q = T\hat{O}R = d$$

ஆனால்,

$$O\hat{Q}R = i_1 - r_1$$

$$O\hat{R}Q = i_2 - r_2$$

$$\therefore \quad (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2) = d$$

அல்லது,

$$(i_1 + i_2) - (r_1 + r_2) = d$$

$$i_1 + i_2 = (r_1 + r_2) + d$$

அதாவது,

$$i_1 + i_2 = A + d \qquad \text{......ச. 6.13}$$

படுகோணத்தைத் தொடர்ந்து அதிகப்படுத்தினால் திசை மாற்றக் கோணம் முதலில் குறையத் தொடங்கி ஒரு சிறும அளவை அடைந்த பிறகு அதிகரிக்கத் தொடங்குகிறது. திசைமாற்றக் கோணத்தின் சிறும அளவு, சிறுமத் திசை மாற்றக் கோணம் (angle of minimum deviation—*D*) எனப் படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட முப்பட்டகத்திற்கு *D*-ன் மதிப்பு மாறாததொன்றாகும். மேலும், சிறுமத் திசைமாற்ற நிலையில் பட்டகத்தினுள் விலகுகதிர் *AB*, *AC* ஆகிய இரு பரப்பு களுக்கும் சம அளவில் சாய்ந்திருக்கும்.

எனவே, சிறுமத் திசைமாற்ற நிலையில்

$$r_1 = r_2 = \frac{A}{2}$$

$$i_1 = i_2 = \frac{A+D}{2}$$

முப்பட்டகக் கண்ணாடியின் விலகல் எண் $\mu$ ஆனால்,

$$\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$$

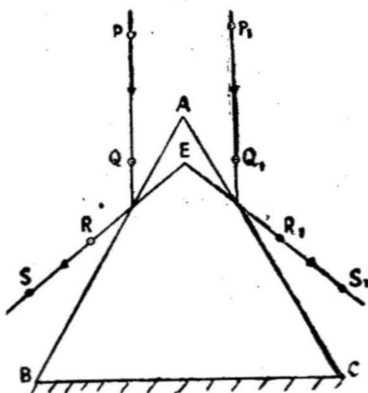
எனவே,

$$\mu = \frac{\sin \dfrac{A+D}{2}}{\sin \dfrac{A}{2}} \qquad \text{......ச. 6.14}$$

**முப்பட்டகக் கண்ணாடியின் விலகல் எண்ணைக் காணல்**

ச. 6.14-ன் உதவியால் முப்பட்டகக் கண்ணாடியின் விலகல் எண்ணைக் காணலாம். இதற்கு முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலக்குக் கோணத்தையும் (*A*) சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணத்தையும் (*D*) காணத் தேவையாகிறது.

(*a*) **முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலக்குக் கோணத்தைக் காணல் :** வரைபலகையின்மீது பொருத்தப்பட்ட ஒரு காகிதத்தின்மீது முக்கோணப் பரப்பு அமையுமாறு ஒரு முப்பட்டகத்தை வைத்து அதன் எல்லையைக் ($ABC$) குறிக்கவும். $AB$, $AC$ ஆகிய பக்கங்களைச் சந்திக்குமாறு முறையே $PQ$, $P_1Q_1$ என்ற இரு இணை கோடுகளை வரையவும் [படம் 6.51].




படம் 6.51

முப்பட்டகத்தை அதன் எல்லையில் வைத்து $PQ$-ல் $P$, $Q$ என்ற இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தவும். அவற்றின் எதிரொளித்த பிம்பங்களை $AB$-ல் நோக்கி அவற்றோடு ஒரே நேர்கோட்டில் அமையுமாறு $R$, $S$ என்ற இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தவும்.

அவ்வாறே $P_1Q_1$-ல் இரு குண்டூசிகளைப் பொருத்தி அவற்றின் எதிரொளித்த பிம்பங்களை $AC$-ல் நோக்கி அவற்றோடு ஒரே நேர்கோட்டில் அமையுமாறு $R_1$, $S_1$ என்ற இரு குண்டூசிகளைப் பொருத்தவும்.

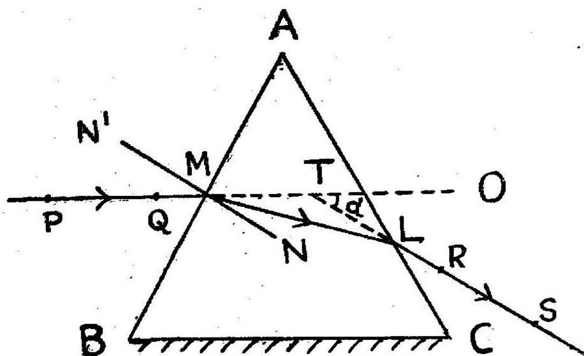
குண்டூசிகளையும் முப்பட்டகத்தையும் அப்புறப்படுத்திய பின் $R$, $S$ ஆகியவற்றின் நிலைகளையும், $R_1$, $S_1$ ஆகியவற்றின் நிலைகளையும் சேர்த்து நீட்டிவிடவும். அவை $E$ என்ற புள்ளியில் சந்திப்பதாகக் கொள்வோம்.

இங்குப் படுதிசை மாறுமலிருக்கும்போது இரு எதிரொளிப்புத் தளங்களுக்கிடையேயுள்ள கோணம் $A$ ஆதலால் இரு எதிரொளிக் கதிர்களுக்கும் ($RS$, $R_1S_1$) இடைப்பட்ட கோணம் $2A$ ஆகும் [பார்க்க: சமதள ஆடியின் சுழற்சி].

எனவே, படம் 6.51-ல் $R\hat{E}R_1 = 2A$ அல்லது $A = \frac{R\hat{E}R_1}{2}$ ஆகும்.

(*b*) **சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணத்தைக் காணல் :** வரைபலகையில் பொருத்தப்பட்ட ஒரு காகிதத்தின்மீது முக்கோணப் பரப்பு அமையுமாறு ஒரு முப்பட்டகத்தை

வைத்து அதன் எல்லையை ($ABC$) வரைந்து கொள்ளவும். $AB$-க்கு $M$ என்ற புள்ளியில் ஒரு லம்பமும் ($NMN_1$), லம்பத்தோடு தக்க கோணம் (30°) ஒன்றை அமைக்குமாறு




படம் 6.52

$PM$ என்ற கோட்டையும் வரைந்து கொள்ளவும் [படம் 6.52]. $PM$ படுகதிரையும், $P\hat{M}N$ படுகோணத்தையும் குறிக்கின்றன.

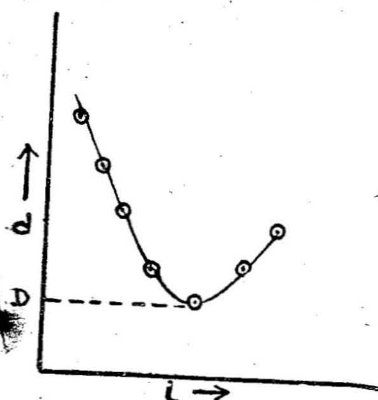
முப்பட்டகத்தை அதன் எல்லையில் வைத்து $PM$-ல் $P$, $Q$ என்ற இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தவும். அவற்றின் பிம்பங்களை $AC$ வழியே நோக்கி அவற்றோடு ஒரே நேர்கோட்டில் அமையுமாறு $R$, $S$ என்ற இரு குண்டூசிகளைப் பொருத்தவும்.

முப்பட்டகத்தையும் குண்டூசிகளையும் அப்புறப்படுத்தி $R$, $S$ ஆகியவற்றின் நிலைகளைச் சேர்த்து $AC$ஐ $L$-ல் சந்திக்குமாறு நீட்டி விடவும். $PQMLRS$ என்பது முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிரின் பாதையாகும். படுகதிரையும் ($PQ$), விடுகதிரையும் ($RS$) $T$-ல் சந்திக்குமாறு நீட்டி விடவும். $T$-ல் அவைகளுக்கிடையேயுள்ள $O\hat{T}L$ கோணம், எடுத்துக்கொண்ட படுகோணத்திற்கான திசைமாற்றக் கோணம் ($d$) ஆகும்.

படுகோணத்தின் மதிப்பை மாற்றி (35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°) சோதனையைத் திருப்பிச் செய்து ஒவ்வொரு படுகோணத்திற்கான திசைமாற்றக் கோணத்தை அளவிட்டு அட்டவணைப்படுத்திக் கொள்ளவும்.

| படுகோணம் $(i)$ | 30° | 35° | 40° | 45° | 50° | 55° | 60° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| திசை மாற்றக் கோணம் $(d)$ | | | | | | | |

பின்னர் $X$ அச்சில் $i$–ன் மதிப்புகளையும், $Y$ அச்சில் $d$-ன் மதிப்புகளையும் எடுத்துக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரையவும். வரைபடம், படம் 6.53-ல் உள்ளதுபோல் அமையும். வளைகோட்டின் சிறுமநிலைக்குச் சரியான திசை மாற்றக் கோணம், சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணமாகும் $(D)$.



படம் 6.53

இவ்வாருக முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலக்குக் கோணம் $(A)$ சிறுமத் திசை மாற்றக்கோணம் $(D)$ ஆகியவற்றைக் கணக்கிட்டபின்

$$\mu = \frac{\sin \frac{A+D}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

என்னும் வாய்பாட்டின் உதவியால் முப்பட்டகக் கண்ணுடியின் விலகல் எண்ணைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.

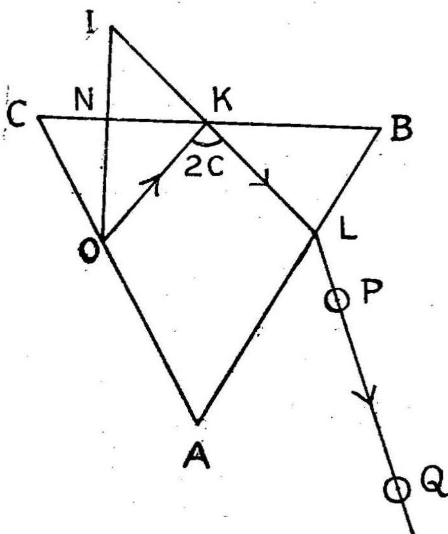
$AB$ பக்கத்தில் படுதானத்தில் $(M)$ ஒவ்வொரு படுகோணத்திற்கும் உரிய விலகுகோணங்களை $(L\hat{M}N)$ அளந்து $\frac{\sin i}{\sin r}$ ஒரு மாறிலி என நிறுவுவதன்மூலம் ஒளிவிலகல் இரண்டாவது விதியை மெய்ப்பிப்பதோடு முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணையும் இம்முறையில் காணலாம்.

**மாறுநிலைக் கோணமுறை :** முப்பட்டகக் கண்ணுடியின் மாறுநிலைக் கோணத்தின் $(C)$ மதிப்பைக் கொண்டும்

$$\mu = \frac{1}{\sin C}$$

என்னும் வாய்பாட்டின் உதவியால் கண்ணுடியின் விலகல் எண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

வரைபலகையின் மீது பொருத்தப்பட்ட ஒரு காகிதத்தின் மீது ஒரு முப்பட்டகத்தை அதன் முக்கோணப் பரப்பு அமையுமாறு வைத்து, அதன் எல்லையை ($ABC$) வரைந்து கொள்ளவும் [படம் 6.54]. $AC$-ல் $O$ என்னும் ஒரு குண்டூசியைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தவும். அதிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் $BC$-ல் எதிரொளிப்பதால் தோன்றும் அதன் பிம்பத்தை $BA$ வழியே நோக்கவும். கண்ணை $B$-லிருந்து $A$ஐ நோக்கி நகர்த்தினால் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் $O$-ன் பிம்பம்




படம் 6.54

திடீரென மறையத் தொடங்கும். இந்நிலையில் $O$-ன் மங்கலான பிம்பத்துடன் ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு $P$, $Q$ என்ற இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தவும்.

குண்டூசிகளையும் முப்பட்டகத்தையும் அப்புறப்படுத்திய பின் $P$, $Q$ ஆகியவற்றின் நிலைகளைச் சேர்த்து $BA$ஐ $L$ என்ற புள்ளியில் சந்திக்குமாறு நீட்டிவிடவும். $O$-லிருந்து $BC$-க்கு $ONI$ என்ற லம்பத்தை வரைந்து அதில் $ON=NI$ என்ற அளவில் $I$ என்ற புள்ளியைக் குறிக்கவும். $I$ என்பது $BC$-ல் எதிரொளிப்பதால் ஏற்படும் $O$-ன் பிம்பத்தின் நிலையாகும். $I$, $L$ ஆகிய புள்ளிகளைச் சேர்க்கவும். அது, $BC$ஐ $K$ என்ற புள்ளியில் வெட்டினால் $K$ஐ $O$உடன் சேர்க்கவும்.

இனி, $O\hat{K}L = 2C$ ஆகும்.

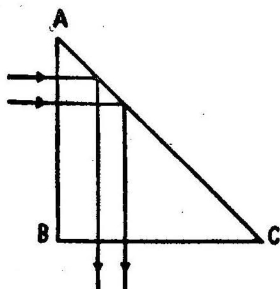
எனவே, $C$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டு

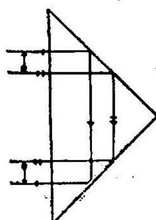
$$\mu = \frac{1}{\sin C}$$

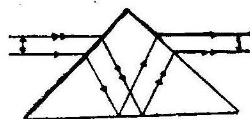
என்னும் வாய்பாட்டின் உதவியால் கண்ணுடியின் விலகல் எண்ணைக் ($\mu$) கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.

## பூரண அக எதிரொளிப்பு முப்பட்டகங்கள்

இவை, கிரௌன்ரகக் கண்ணுடியால் (crown glass) செய்யப்பட்ட இருசமபக்கச் செங்கோண முப்பட்டகங்களாகும். இந்த வகைக் கண்ணுடியின் விலகல் எண் 1·5. எனவே, மாறுநிலைக் கோணம் சுமார் 42° ஆகும். இவைகளை மூன்று விதங்களில் அமைக்கலாம்.



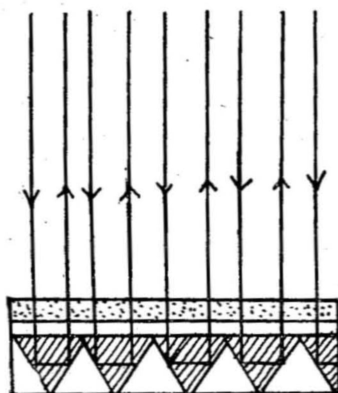

படம் 6.55

படம் 6·55$a$-ல் $AB$ என்ற பக்கத்தில் லம்பத் திசையில் விழும் கற்றை விலகாமல் நேரே சென்று $AC$ மீது 45° படுகோணத்தில் விழுகிறது. இது, மாறுநிலைக் கோணத்தை (42°) விட அதிகமாக இருப்பதால் கற்றை பூரண அக எதிரொளிப்பு அடைந்து $BC$ஐ நோக்கி அதன் லம்பத் திசையில் செல்லுகிறது. எனவே, விலகல் அடையாமல் நேராக முப்பட்டகத்தினின்றும் வெளியேறுகிறது. இவ்வகை அமைப்பில் கதிர் 90° திருப்பப்படுகிறது. இத்தகைய அமைப்பு பெரிஸ்கோப்புகளில் (periscope) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

படம்-6.55$b$-ல் கர்ணப் பக்கத்தில் லம்பத் திசையில் ஒளிக்கதிர் விழுகிறது. இவ்வகை அமைப்பில் படுகற்றை 180° திருப்பப்படுகிறது. மேலும், பிம்பம் நேரானதாக்கப்படுகிறது. இத்தகைய அமைப்பு பைனுகுலரிலும் (binoculars) மிதிவண்டி எதிரொளிப்பான்களிலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

படம் 6.55c-ல் கர்ணப் பக்கத்தில் பூரண அக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. இவ்வகை அமைப்பிலும் பிம்பம் நேரானதாக்கப்படுகிறது.

இந்த முப்பட்டகங்கள் ஒளியியல் கருவிகளில் சமதள ஆடிகளுக்குப் பதிலாகப் பின்வரும் காரணங்களுக்காகப் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. பூரண அக எதிரொளிப்பால் ஏற்படும் பிம்பங்கள் பொலிவு மிக்கவையாக உள்ளன. சமதள ஆடியி லுள்ள வெள்ளிப்பூச்சுச் சில நாள்களுக்குப் பிறகு கெட்டு விடுகிறது.


படம் 6.56

**மிதிவண்டி எதிரொளிப்பான்** (Bicycle Reflector)

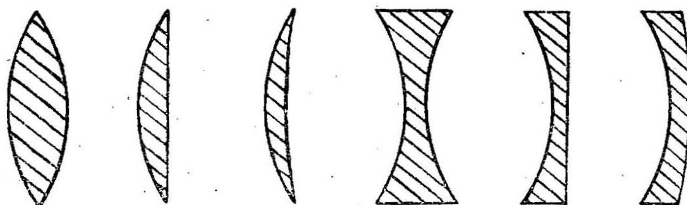
இது ஒரு வட்ட வடிவச் சிறிய பெட்டியாகும். இதன் முன்பகுதியில் ஒரு சிவப்புக் கண்ணாடியும் அதன் பின்னால் முப்பட்டகக் கண்ணாடிகள் பல பதிக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிப் பட்டையும் உள்ளன [படம் 6.56]. இது மிதிவண்டி யின் பின்சக்கர மட்காப்புப் பட்டையில் (mud guard) பொருத்தப்பட்டிருக்கும். மிதி வண்டியின் பின்னால் வந்து கொண்டிருக்கும் காரின் விளக்குகளிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கற்றைகள் முப்பட்டகங்களில் பட்டு, பூரண அக எதிரொளிப்பு அடைந்து, காரின் திசையிலேயே செல்லும். எனவே, காரோட்டி ஒரு சிவப்புப் பட்டையைக் காண முடிகிறது.

**கோளகப் பரப்பில் ஒளிவிலகல்**

**லென்ஸ்கள்** (Lenses): இருபுறமும் கோளகப் பரப்புகளால் சூழப்பட்ட ஒளிபுகு ஊடகத்தின் ஒரு பகுதி லென்ஸ் எனப்படும். ஒருபுறம் கோளகப் பரப்பாகவும் ஒருபுறம் சமதளமாகவும் உள்ள லென்ஸ்களும் உண்டு.

லென்ஸ்களில் பொதுவாக இருவகை உண்டு. நடுவில் தடித்தும் ஓரங்களில் மெலிந்தும் உள்ள லென்ஸ்கள் குவி லென்ஸ்கள் (convex lenses) என்றும், ஓரங்களில் தடித்தும்

நடுவில் மெலிந்தும் உள்ள லென்ஸ்கள் குழிலென்ஸ்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. வெவ்வேறுவகை லென்ஸ்களைப் படம் 6.57-ல் காணலாம்.



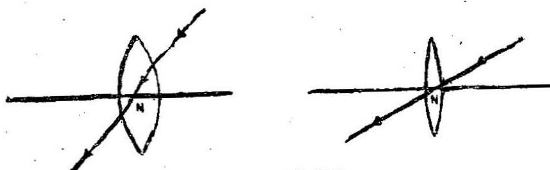
படம் 6.57

ஒரு லென்ஸின் கோளகப் பரப்புகள் எந்தக் கோளங்களின் பகுதிகளாக அமைகின்றனவோ அவற்றின் மையங்கள், லென்ஸின் வளைவுமையங்கள் என்றும், ஆரங்கள் வளைவு ஆரங்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

வளைவுமையங்களின்வழிச் செல்லும் நேர்கோடு லென்ஸின் முக்கிய அச்சு எனப்படும்.

லென்ஸின் ஒரு பக்கத்தில் அதன்மீது விழும் ஒரு கதிர் படுதிசைக்கு இணையான திசையில் லென்ஸைவிட்டு வெளியேறுமானல், லென்சுக்குள் அதன் பாதை முக்கிய அச்சை ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் வெட்டும். அப் புள்ளி லென்ஸின் ஒளிமையம் (optic centre) எனப்படும்.

படம் 6.58-ல் $N$ என்பது ஒளிமையம். லென்ஸ் மெல்லியதானல் விடுகதிருக்கும் படுகதிருக்கும் உள்ள நேர்குத்துத் தொலைவு புறக்கணிக்கத்தக்க அளவினதாக இருக்கும்.




படம் 6.58

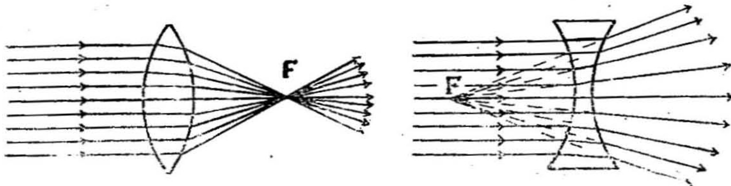
எனவே, ஒளிமையத்தின் வழியே செல்லும் ஒரு கதிர் விலகல் அடையாமல் செல்லுவதாகக் கொள்ளலாம்.

இனி, லென்ஸ்மீது விழும் இணைகற்றைக்கு என்ன நேருகிறது என்று பார்ப்போம்.

**முக்கியக் குவியம்** (Principal Focus)

முக்கிய அச்சுக்கு இணையாகவும் நெருக்கமாகவும் சென்று லென்ஸின் ஒரு பக்கத்தில் விழும் ஓர் இணைகற்றை குவிலென்ஸை ஊடுருவியபின் மறுபக்கத்தில் முக்கிய அச்சின் மீதுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் குவியும்; குழி லென்ஸை ஊடுருவியபின் அதே பக்கத்தில் முக்கிய அச்சின் மீதுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியிலிருந்து விரிவதுபோல் தோன்றும். குறிப்பிட்ட புள்ளி லென்ஸின் முக்கியக் குவியம் எனப்படும்.

ஒளிமையத்திலிருந்து முக்கியக் குவியத்தின் தொலைவு குவியத்தூரம் எனப்படும்.




படம் 6.59

படம் 6·59-ல் $F$ என்பது முக்கியக் குவியம்; $NF$ என்பது குவியத்தூரம் (focal length).

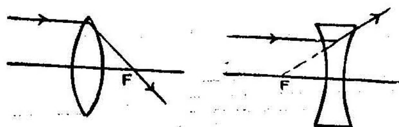
ஒவ்வொரு லென்சுக்கும் அதன் பக்கத்திற்கு ஒன்றுக இரு முக்கியக் குவியங்கள் இருக்கும் என்பது தெளிவாகும். இவ்விரு குவியங்களும் ஒளிமையத்திலிருந்து ஒரே தொலைவில் அமையும். மேலும், குவிலென்ஸின் முக்கியக் குவியம் மெய்க் குவியமாகும்; குழிலென்ஸின் முக்கியக் குவியம் மாயக்குவியமாகும்.

**லென்ஸ்களின் வழியே நிகழும் ஒளிவிலகலால் உருவாகும் பிம்பங்கள்**

ஆடிகளிலுள்ளது போலவே லென்ஸ்களிலும் பிம்பத்தின் நிலை, இயல்பு, அளவு ஆகியவற்றை வடிவியல் முறைப்படி ஆராயலாம். இதற்குப் பின்வரும் கதிர்களில் ஏதேனும் இரண்டைப் பயன்படுத்தலாம்.

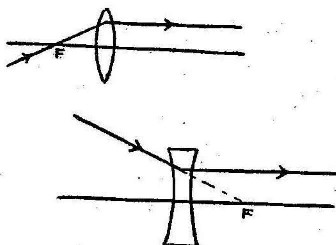
1. முக்கிய அச்சுக்கு இணையாகவும் நெருக்கமாகவும் செல்லும் கதிர்: இது குவிலென்ஸை ஊடுருவியபின் முக்கியக்

குவியத்தின் வழியாகச் செல்லும். குழிலென்ஸை ஊடுருவிய பின் முக்கியக் குவியத்தினின்று புறப்படுவதுபோல் தோன்றும் [படம் 6.60].



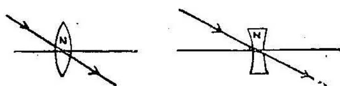

படம் 6.60

2. முக்கியக் குவியத்தின் வழியே செல்லும் அல்லது




படம் 6.61

செல்லக் கூடிய கதிர்: இது, லென்ஸை ஊடுருவியபின் முக்கிய அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் [படம் 6.61].




படம் 6.62

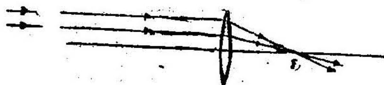
3. ஒளிமையத்தின் வழியே செல்லும் கதிர்: இது நேராக லென்ஸை ஊடுருவிச் செல்லும் [படம் 6.62].

**பிம்பங்களின் நிலை, இயல்பு, அளவு**

பின்வரும் படங்களில் [6.63 முதல் 6·70வரை] $N$ என்பது லென்ஸின் ஒளிமையம்; $F$ என்பது முக்கியக் குவியம்; $2F$ என்பது முக்கிய அச்சின்மீது ஒளிமையத்திலிருந்து இரு மடங்கு குவியத் தூரத்திலுள்ள ஒரு புள்ளி; $OB$ என்பது முக்கிய அச்சின்மீது அதற்கு நேர்குத்தாக வைக்கப்பட்ட ஒரு நீளவாட்டப் பொருள்; $IM$ என்பது அதன் பிம்பம்.

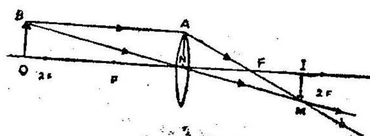
(*a*) **குவிலென்ஸ்**

(i) **முடிவிலாத் தொலைவில் வைக்கப்பட்ட பொருள்:** இங்கு, பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் ஏறத்தாழ இணை கதிர்களாக இருப்பதால் லென்ஸை ஊடுருவியபின் முக்கியக் குவியத்தில் குவியும் [படம் 6·63].



படம் 6.63

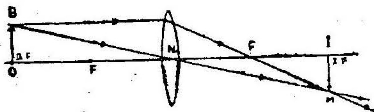
எனவே, முக்கியக் குவியத்தில் தலைகீழான, மிகமிகச் சிறிய, மெய்ப்பிம்பம் உருவாகிறது.




படம் 6.64

(ii) $2F$-க்கு அப்பால் அளவிடக்கூடிய தொலைவில் வைக்கப்பட்ட பொருள் [படம் 6·64]: லென்சுக்கு மறுபக்கத்தில் $F$-க்கும் $2F$-க்குமிடையே தலைகீழான, சிறிய மெய்ப்பிம்பம் உருவாகிறது.

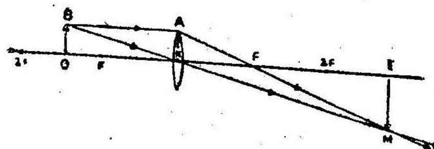
(iii) $2F$-ல் வைக்கப்பட்ட பொருள் [படம் 6·65]: லென்




படம் 6.65

சுக்கு மறுபக்கத்தில் $2F$-ல் தலைகீழான, பொருளின் அளவே உள்ள மெய்ப்பிம்பம் உருவாகிறது.

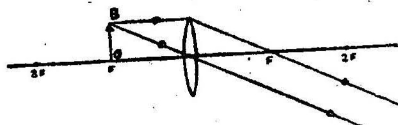
(iv) $F$-க்கும் $2F$-க்குமிடையே வைக்கப்பட்ட பொருள்




படம் 6.66

[படம் 6.66]: லென்சுக்கு மறுபக்கத்தில் $2F$-க்கு அப்பால், தலைகீழான பெரிய மெய்ப்பிம்பம் உருவாகிறது.

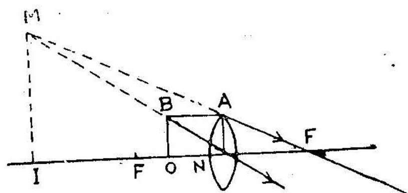
(v) $F$-ல் வைக்கப்பட்ட பொருள் [படம் 6.67]: பொருளிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் லென்ஸை ஊடுருவியபின் இணை கதிர்களாக மாறுவதால் அவை முடிவிலாத் தொலைவில்



படம் 6.67

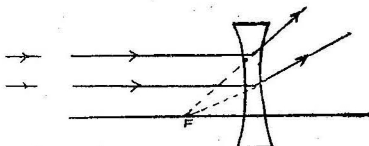
சந்திக்கும். எனவே, பிம்பமும் முடிவிலாத் தொலைவில் உருவாகும்.

(vi) $F$-க்கும் லென்சுக்கும் இடையில் வைக்கப்பட்ட பொருள் [படம் 6.68]: பொருளிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் லென்ஸை ஊடுருவியபின் விரிகதிர்களாக மாறுகின்றன.




படம் 6.68

எனவே, அவை பொருளிருக்கும் அதே பக்கத்திலிருந்து வருவதுபோல் தோன்றுகின்றன. ஆகவே, பொருளிருக்கும் அதே பக்கத்தில் நேரான, பெரிய மாயபிம்பம் ஒன்று தோன்றுகிறது.



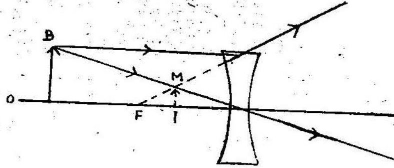

படம் 6.69

(*b*) குழிலென்ஸ்

(i) முடிவிலாத் தொலைவில் வைக்கப்பட்ட பொருள் [படம் 6.69]: பொருளிருக்கும் அதே பக்கத்தில் முக்கியக் குவியத்தில் மிகமிகச் சிறிய, நேரான, மாயபிம்பம் உருவாகும்.

(ii) வேறு எந்த அளவிடக்கூடிய தொலைவிலும் வைக்கப்பட்ட பொருள் [படம் 6.70]: பொருளிருக்கும் அதே பக்கத்

தில் முக்கியக் குவியத்திற்கும் லென்சுக்கும் இடையில் சிறிய, நேரான, மாயபிம்பம் உருவாகிறது.




படம் 6.70

குழிலென்ஸில் மாயபிம்பம் மட்டுமே உருவாவதையும், பிம்பத்தின் பெருமத் தொலைவு குவியத் தூரம் என்பதையும் காணலாம்.

## குறியீட்டு மரபு

லென்ஸின் ஒளிமையத்திலிருந்து பொருள், பிம்பம், முக்கியக் குவியம் ஆகியவற்றின் தொலைவுகளுக்குக் குறியீடுகள் வழங்குவதில் ஆடிகள் வகையில் கையாண்ட குறியீட்டு மரபையே கையாளுகிறோம்.

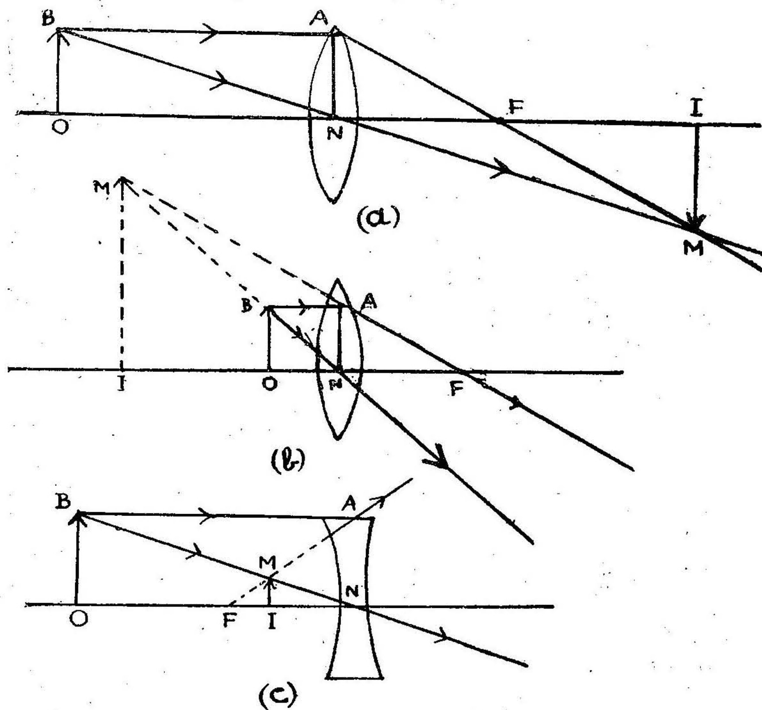
அதாவது, மெய்ப்பொருள், மெய்ப்பிம்பம், மெய்க்குவியம் ஆகியவற்றின் தொலைவுகளை நேர்க்குறி யுடையனவாகவும், மாயப் பொருள், மாய பிம்பம், மாயக்குவியம் ஆகியவற்றின் தொலைவுகளை எதிர்க்குறியுடையனவாகவும் கருதுகிறோம்.

குறியீட்டு மரபுப்படி குவிலென்ஸின் குவியத்தூரம் நேர்க் குறியுடையது ; குழிலென்ஸின் குவியத்தூரம் எதிர்க்குறி யுடையது.

## ஒளி மையத்திலிருந்து பொருள், பிம்பம், முக்கியக் குவியம் ஆகியவற்றின் தொலைவுகளுக் கிடையேயுள்ள தொடர்பு

படம் 6.71-ல் $N$ என்பது ஒரு மெல்லிய கோளக லென்ஸின் ஒளிமையம் ; $F$ என்பது முக்கிய குவியம். லென்ஸின் முக்கிய அச்சின்மீது $OB$ என்ற நீளவாட்டப் பொருள் ஒன்றை அச்சுக்கு நேர்குத்தாக இருக்குமாறு வைப்பதாகக் கொள்வோம். பொருளின் $B$ என்ற புள்ளியிலிருந்து முக்கிய அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் $BA$ என்ற ஒரு கதிர் லென்ஸை ஊடுருவியபின் அதன் மறுபக்கத்திலுள்ள முக்கியக் குவியத்

தின் வழியே செல்லுகிறது (அல்லது அதே பக்கத்திலுள்ள குவியத்திலிருந்து புறப்படுவதுபோல் தோன்றுகிறது). $B$-லிருந்து ஒளிமையத்தின் வழியே செல்லும் ஒரு கதிர் விலகலடையாமல் நேராகச் செல்லும். இவ்விரு கதிர்களும் $M$ என்ற புள்ளியில் குவிகின்றன (அல்லது $M$-லிருந்து




படம் 6.71

விரிவதுபோல் தோன்றுகின்றன). $M$ என்பது $B$-ன் பிம்ப மாகும். $M$-லிருந்து முக்கிய அச்சுக்கு நேர்குத்தாக வரையப்படும் $MI$ என்ற கோடு $OB$-ன் பிம்பத்தைக் குறிக்கும். ஒளிமையத்திலிருந்து பொருள், பிம்பம், முக்கிய குவியம் ஆகியவற்றின் தொலைவுகளை முறையே $u$, $v$, $f$ எனக் குறிப்போம். அதாவது, படம் 6.71-ல் $NO=u$, $NP=v$, $NF=f$.

படம் 6.71-ல் $NIM$, $NOB$ என்ற முக்கோணங்களில்

$$I\hat{N}M = O\hat{N}B$$

$$N\hat{I}M = N\hat{O}B = 90^\circ$$

எனவே, அவை ஒத்த முக்கோணங்கள்.

$$\therefore \quad \frac{IM}{OB} = \frac{NI}{NO} \quad \dots \dots \dots \dots \dots ச. 6.15$$

$IFM$, $NFA$ ஆகிய முக்கோணங்களில்

$$I\hat{F}M = N\hat{F}A$$

$$M\hat{I}F = A\hat{N}F$$ [லென்ஸ் மெல்லியதாக இருப்பதால் AN அச்சுக்குச் செங்குத்தாக இருப்பதாகக் கொள்ளலாம்.]

எனவே, அவை ஒத்த முக்கோணங்கள்.

$$\therefore \quad \frac{IM}{NA} = \frac{FI}{FN}$$

$BA$ அச்சுக்கு இணையாக இருப்பதால், $NA = OB$.

$$\therefore \quad \frac{IM}{OB} = \frac{FI}{FN} \quad \dots \dots \dots \dots ச. 6.16$$

ச. 6.15, ச.6.16 ஆகியவற்றை ஒப்புநோக்கின்

$$\frac{NI}{NO} = \frac{FI}{FN} \quad \dots \dots \dots \dots ச. 6.17$$

இனி, படம் 6.71-ல் ஒவ்வொரு வகைப் பிம்பமாகக் கருதுவோம்.

($a$) குவிலென்ஸில் மெய்ப்பிம்பம் உருவாதல் [படம் 6.71$a$]: படம் 6.71$a$-ல்

$NI = v$; $NO = u$; $FI = NI - NF = v - f$; $NF = f$

ச. 6.17-ல் பதிலீடு செய்வோமாயின்

$$\frac{v}{u} = \frac{v-f}{f}.$$

குறுக்காகப் பெருக்கினால்

$$vf = uv - uf.$$

அல்லது $\quad vf + uf = uv$

$uvf$ ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

இங்குப் பொருள், பிம்பம், முக்கியக் குவியம் ஆகிய யாவும் மெய்யானதாகையால் $u$, $v$, $f$ ஆகியவை நேர்க்குறியுடையன.

எனவே; $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$

($b$) குவிலென்ஸில் மாயபிம்பம் உருவாதல் [படம் 6.71$b$]: படம் 6.71$b$-ல்

$NI=v$; $NO=u$; $FI=FN+NI=f+v$; $NF=f$.

ச. 6.17-ல் பதிலீடு செய்தால்

$$\frac{v}{u}=\frac{f+v}{f}.$$

குறுக்காகப் பெருக்கினுல்

$$vf=uf+uv$$

அல்லது $$vf-uf=uv$$

$uvf$ ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{1}{u}-\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

இங்குப் பொருளும் குவியமும் மெய்யானதாகவும், பிம்பம் மாயபிம்பமாகவும் இருப்பதால் $u$, $f$ ஆகியவை நேர்க்குறியுடையன, $v$ எதிர்க்குறியுடையது.

எனவே, $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$

($c$) குழிலென்ஸில் மாயபிம்பம் உருவாதல் [படம் 6.71$c$]: படம் 6.71$c$-ல்

$NI=v$; $NO=u$; $FI=FN-NI=f-v$; $NF=f$.

ச. 6.17-ல் பதிலீடு செய்தால்

$$\frac{v}{u}=\frac{f-v}{f}$$

குறுக்காகப் பெருக்கினுல்

$$vf=uf-uv$$

அல்லது $$vf-uf=-uv$$

$uvf$ ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{1}{u}-\frac{1}{v}=-\frac{1}{f}.$$

இங்குப் பொருள் மெய்யானதாகவும், பிம்பமும் குவியமும் மாயபிம்பமும் மாயக்குவியமும் ஆக இருப்பதால் $u$ நேர்க்குறியுடையதாகவும், $v$, $f$ ஆகியவை எதிர்க்குறியுடையனவாகவும் இருக்கின்றன.

எனவே, $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$

ஆகவே, இருவகை லென்ஸ்களிலும் எல்லாவகை பிம்பங்களுக்கும் $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$ ..................ச. 6.18

**உருப்பெருக்கம்**

பிம்பத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்கும் (உயரம் அல்லது அகலம்) பொருளின் ஒத்த அளவுக்கும் உள்ள தகவு பிம்பத்தின் உருப்பெருக்கம் எனப்படும்.

படம் 5.71-ல்

$$\frac{\text{பிம்பத்தின் உயரம்}}{\text{பொருளின் உயரம்}}=\frac{IM}{OB}=\frac{NI}{NO} \quad [ச. 6.15]$$

எனவே, உருப்பெருக்கம் $(m)=\frac{v}{u}$ ..............ச. 6.19

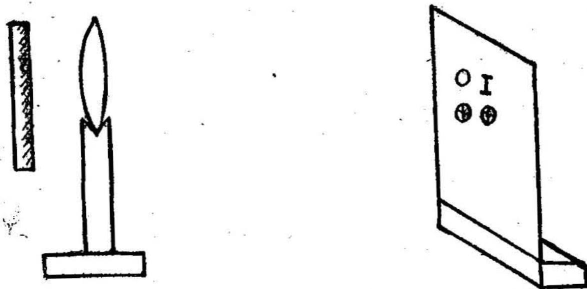
**குவிலென்ஸின் குவியத்தூரத்தைக் காணல்**

$(a)$ **தொலைபொருள் முறை:** லென்ஸைச் செங்குத்தான தாங்கி ஒன்றில் பொருத்தித் தொலைவிலுள்ள மரம் அல்லது கட்டிடம் போன்ற பொருளை நோக்கித் திருப்பவும். லென்சுக்கு மறுபுறம் ஒரு வெண்திரையை வைத்து, திரையில் பொருளின் தெளிவான பிம்பம் உருவாகும்வரை திரைக்கும் லென்சுக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தைச் சரிசெய்யவும். தொலைபொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் ஏறத்தாழ இணைகதிர்களாகக் கருதப்படுவதால் அவை லென்ஸின் முக்கியக் குவியத்தில் குவிந்து பொருளின் பிம்பத்தை உருவாக்கும். எனவே, திரைக்கும் லென்சுக்குமிடையே யுள்ள தொலைவு குவியத் தூரமாகும்.

$(b)$ **சமதள ஆடி முறை:** இச் சோதனையில் ஒளியூட்டப்பட்ட கம்பிவலைத் துண்டு பொருளாகப் பயன்படுகிறது. தாங்கி ஒன்றில் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்ட லென்ஸைப் பொருளின்முன் வைக்கவும். லென்ஸின் மறுபுறம் எதிரொளிக்கும் பரப்பு லென்ஸை நோக்குமாறு ஒரு சமதள ஆடியைச் செங்குத்தாக வைக்கவும். பொருளுக்கு அருகிலேயே அதன் பிம்பம் விழுமாறு பொருளுக்கும் லென்சுக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவைச் சரிசெய்யவும் [படம் 6.72].

பிம்பம் ஏறத்தாழப் பொருளின் மேலேயே உருவாவதால் பொருளிலிருந்து புறப்பட்டு லென்ஸை ஊடுருவிச் சமதள ஆடியில் விழும் கதிர்கள் எதிரொளிப்புக்குப்பின் வந்தவழியே செல்லுகின்றன. எனவே, அவை யாவும் ஆடியில் லம்பத்

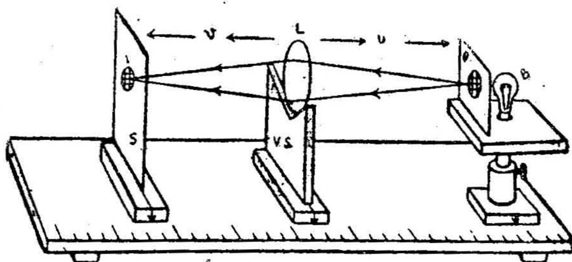
திசையில் விழவேண்டும். அதாவது, இணைகதிர்களாக இருக்கவேண்டும். எனவே, பொருளிலிருந்து செல்லும்




படம் 6.72

கதிர்கள் லென்ஸை ஊடுருவியபின் இணைகதிர்களாக மாறுகின்றன. ஆகையால், லென்சுக்கும் பொருளுக்குமிடையே யுள்ள தொலைவு குவியத்தூரமாகும்.

(c) $u-v$ **முறை:** இம் முறையிலும் ஒளியூட்டப்பட்ட கம்பிவலைத் துண்டு பொருளாக அமைகிறது. தாங்கியில் பொருத்தப்பட்ட லென்ஸைப் பொருளுக்கு முன் வைக்கவும் பொருளுக்கும் லென்சுக்கு மிடையேயுள்ள தொலைவு குவியத் தூரத்தைவிட அதிகமாக இருக்கவேண்டும். லென்சுக்கு மறுபுறம் ஒரு வெண்திரையை வைத்துத் திரையின்மீது பொருளின் தெளிவான பிம்பம் உருவாகும்வரை திரையின் நிலையைச் சரிசெய்யவும். லென்ஸிலிருந்து பொருளின் தொலைவையும்($u$) பிம்பத்தின் தொலைவையும்($v$) அளவிடவும் [படம் 6.73].




படம் 6.73

இனி,
$$\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{v+u}{uv}$$

அல்லது $$f = \frac{uv}{u+v}.$$

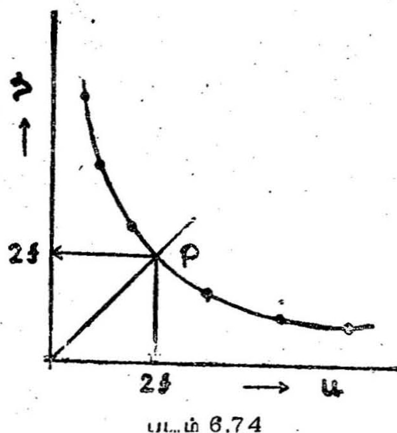
எனவே $f$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

லென்ஸின் நிலையை மாற்றி, சிறிய மற்றும் பெரிய பிம்பங்களை உருவாக்கி, சோதனையைத் திரும்பச் செய்து சராசரி குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.

அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்.

| சோதனை எண் | லென்ஸிலிருந்து | | குவியத் தூரம் $f = \frac{uv}{u+v}$ |
|---|---|---|---|
| | பொருளின் தொலைவு $(u)$ | பிம்பத்தின் தொலைவு $(v)$ | |
| | | | |
| | | சராசரி குவியத் தூரம் | |

$(d)$ வரைபட முறை: $X$ அச்சில் $u$ஐயும், $Y$ அச்சில்




படம் 6.74

$v$ஐயும் எடுத்துக்கொண்டு மேற்கண்ட சோதனையில் உள்ள $u$, $v$ ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைக் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரையவும். இரு அச்சுகளின் அளவுத்திட்டங்களும் தொடக்கமும் ஒன்றாக இருக்கவேண்டும். வரைபடத்தின் அமைப்பு படம் 6.74-ல் உள்ளதுபோல் இருக்கும். பின்னர் அச்சுகளுக்கு 45° கோணத்தில் சாய்வாக ஒரு கோடு வரையவும். இது வரைபடத்தை $P$ என்ற புள்ளியில் வெட்டுமாயின் $P$-ன் $u$, $v$ மதிப்புகள் சமமாக இருக்கும். அதாவது, லென்ஸிலிருந்து பொருளின் தொலைவும், பிம்பத்தின் தொலைவும் சமமாகும். எனவே, $u=v=2f$. ஆகையால் $f$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

**லென்ஸின் திறன்** (Power of a lens)

லென்ஸின் திறன் என்பது மீட்டர் கணக்கில் குறிக்கப்பட்ட அதன் குவியத்தூரத்தின் தலைகீழ் மதிப்பு (reciprocal) ஆகும்.

ஒரு லென்ஸின் குவியத்தூரம் $f$ மீட்டரானால்

$$\text{அதன் திறன் } (P) = \frac{1}{f} \text{ ஆகும்}$$

குவியத்தூரம் $f$ செ.மீ. ஆனால்

$$P = \frac{100}{f} \text{ ஆகும்.}$$

திறனின் அலகு டையாப்டர் (dioptre) ஆகும். ஒரு டையாப்டர் என்பது ஒரு மீட்டர் குவியத் தூரமுள்ள ஒரு லென்ஸின் திறனாகும்.

குவிலென்ஸின் திறன் நேர்க்குறியுடையது; குழி லென்ஸின் திறன் எதிர்க்குறியுடையது.

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. காற்றைப் பொறுத்து நீர், கண்ணாடி ஆகியவற்றின் விலகல் எண்கள் முறையே $\frac{4}{3}$, $\frac{8}{5}$. நீரைப் பொறுத்து கண்ணாடியின் விலகல் எண்ணைக் காண்க.

**விடை :**

$$\mu\ \text{நீ} = \frac{4}{3}$$

$$\mu\ \text{க} = \frac{8}{5}$$

நீரைப் பொறுத்துக் கண்ணாடியின் விலகல் எண்

$$\text{நீ}\,\mu\,\text{க} = \frac{\mu_{\text{க}}}{\mu_{\text{நீ}}}$$

$$= \tfrac{8}{5} / \tfrac{4}{3}$$

$$= 1.2$$

நீரைப் பொறுத்துக் கண்ணாடியின் விலகல் எண் $= 1{\cdot}2$.

2. நீர், கண்ணாடி ஆகியவற்றின் மாறுநிலைக் கோணங்கள் முறையே $48°45'$, $41°30'$. கண்ணாடியிலிருந்து நீருக்குள் ஒளி செல்லுவதற்கான மாறுநிலைக் கோணத்தைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** நீரின் விலகல் எண் $= \mu\ \text{நீ} = \dfrac{1}{\sin 48°\ 45'}$

கண்ணாடியின் விலகல் எண் $= \mu\ \text{க} = \dfrac{1}{\sin 41°\ 30'}$

$$\therefore \qquad \text{நீ}\,\mu_{\text{க}} = \frac{\mu_{\text{க}}}{\mu_{\text{நீ}}} = \frac{\sin 48°\ 45'}{\sin 41°\ 30'}$$

கண்ணாடியிருந்து நீருக்குள் ஒளி செல்லுவதற்கான மாறுநிலைக் கோணம் $C$ என்றால்

$$\sin C = \frac{1}{\text{நீ}\,\mu_{\text{க}}}$$

$$= \frac{\sin 41°\ 30'}{\sin 48°\ 45'}$$

$$\therefore \qquad C = 61°\ 49'.$$

3. ஒரு சமபக்க முக்கோணப் பட்டகக் கண்ணாடியின் விலகல் எண் $1{\cdot}55$. அதன் சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணத்தைக் காண்க.

**விடை :** பட்டகம், சமபக்க முக்கோணப் பட்டகமாதலால் அதன் ஒளி விலக்குக் கோணம் $(A) = 60°$

$$\mu = 1.55$$

$$\therefore \qquad 1{\cdot}55 = \frac{\sin \dfrac{A+D}{2}}{\sin \dfrac{A}{2}}$$

$$1.55 = \frac{\sin \frac{A+D}{2}}{\sin 30}$$

அல்லது $\sin \frac{A+D}{2} = 1{\cdot}55 \times \sin 30$

$$= {\cdot}775$$

$$\frac{A+D}{2} = 50^\circ\, 48'$$

$$A+D = 101^\circ\, 36'$$

எனவே, $D = 101^\circ\, 36' - A$

$$= 101^\circ\, 36' - 60$$

$$= 41^\circ\, 36'$$

முப்பட்டகக் கண்ணாடியின் சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணம் $= 41^\circ\, 36'$

3. ஒரு பொருளிலிருந்து 15 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப் பட்ட ஒரு குவிலென்ஸ் 5 மடங்கு உருப்பெருக்கப்பட்ட ஒரு மெய்ப்பிம்பத்தை உருவாக்குகிறது. அதன் குவியத்தூரத்தைக் கணக்கிடுக. அதே அளவு உருப்பெருக்கம் செய்யப்பட்ட மாயபிம்பம் உருவாவதற்குப் பொருளிலிருந்து லென்ஸின் தொலைவைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** (i) $u = 15$ செ.மீ.

உருப்பெருக்கம் $(m) = \frac{v}{u} = 5$

$\therefore$ $v = 5\,u = 75$ **செ.மீ.**

எனவே, $f = \frac{uv}{u+v}$

$$= \frac{15 \times 75}{90}$$

$$= 12{\cdot}5 \text{ செ.மீ.}$$

லென்ஸின் குவியத் தூரம் $= 12{\cdot}5$ செ.மீ.

(ii) அதே அளவு உருப்பெருக்கம் கொண்ட மாய பிம்பத்தை உருவாக்க :

$$m = \frac{v}{u} = -5$$

$\therefore$ $v = -5\,u$

எனவே, $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} - \frac{1}{5u}$

$$\frac{1}{12{\cdot}5} = \frac{4}{5u}$$

அல்லது $5u = 50$

$u = 10$ செ.மீ.

மாயபிம்பத்தை உருவாக்கப் பொருளிலிருந்து லென்ஸ் 10 செ. மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட வேண்டும்.

4. 90 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பொருளுக்கும் திரைக்குமிடையே ஒரு குவிலென்ஸ் வைக்கப்பட்டுள்ளது. லென்ஸின் திறன் 5 டையாப்டர் என்றால் திரையில் ஒரு பெரிய, மெய்ப்பிம்பத்தை உருவாக்கப் பொருளிலிருந்து எவ்வளவு தொலைவில் லென்ஸை வைக்க வேண்டும்?

**விடை :** லென்ஸின் திறன் $(P) = 5$ டையாப்டர்

லென்ஸின் குவியத்தூரம் $f$ செ.மீ. என்றால்

$$P = \frac{100}{f}$$

$$\therefore \quad f = \frac{100}{P}$$

$$= \frac{100}{5}$$

$f = 20$ செ.மீ.

பொருளிலிருந்து லென்ஸ் $u$ செ.மீ.-ல் வைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம்.

எனவே, $v = 90 - u.$

$$\therefore \quad \frac{1}{20} = \frac{1}{u} + \frac{1}{90-u}$$

$$= \frac{90}{90u-u^2}$$

அல்லது $90u - u^2 = 1{,}800$

அதாவது $u^2 - 90u + 1{,}800 = 0$

அல்லது $(u-30)(u-60) = 0$

அதாவது $u=38$ அல்லது $u = 60$

பெரிய பிம்பமாதலால் $u=30$ செ.மீ., $v=60$ செ.மீ.

லென்ஸ் பொருளிலிருந்து 30 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட வேண்டும்.

## வினாக்கள்

1. ஒளிவிலகல் விதிகளைக் கூறுக, அவற்றை மெய்ப்பிப்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

2. ஓர் ஊடகத்தின் விலகல் எண்ணை வரையறுத்துக் கூறுக. ஓர் ஊடகத்தின் விலகல் எண்ணைக் காண்பதற்கான ஏதேனும் ஒரு சோதனையை விளக்குக.

3. ஓர் ஊடகத்தின் மாறுநிலைக் கோணம் என்றால் என்ன? அதற்கும் விலகல் எண்ணுக்குமுள்ள தொடர்பைப் பெறுக.

4. பூரண அக எதிரொளிப்பு என்றால் என்ன?

பூரண அக எதிரொளிப்பு முப்பட்டகங்கள், கானல்நீர் ஆகியவற்றைப்பற்றிக் குறிப்பு வரைக.

5. முப்பட்டகக் கண்ணாடிக்கான $\mu = \dfrac{\sin \dfrac{A+D}{2}}{\sin \dfrac{A}{2}}$ என்னும் வாய்ப்பாட்டைப் பெறுக.

முப்பட்டக கண்ணாடியின் விலகல் எண்ணை $i$-$d$ வரைபடம் மூலம் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

6. லென்ஸின் ஒளிமையம், முக்கியக் குவியம் ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக.

குவிலென்சுக்கான $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{u} + \dfrac{1}{v}$ என்னும் வாய்பாட்டைப் பெறுக.

7. லென்ஸின் குவியத்தூரத்தைக் காண்பதற்கான சோதனைகளை விளக்குக. லென்ஸின் திறன் என்றால் என்ன?

8. ஒரு கண்ணாடிப் பட்டகத்தினுள் ஒளிவிலகல் நிகழும்போது படுகோணமும் விலகுகோணமும் முறையே $40^\circ$, $25^\circ$ என்றால் அப் பட்டகத்தின் விலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுக. $50^\circ$ படுகோணத்திற்கான விலகு கோணத்தையும் கணக்கிடுக. [1·522; 30°15′]

9. 15 செ.மீ. பக்கங்களையுடைய ஒரு கனசதுரக் கண்ணாடிக் கட்டியினுள் உள்ள ஒரு காற்றுக் குமிழை ஒரு

பக்கத்தின் வழியே நோக்கும்போது 6 செ.மீ. தொலைவிலும் எதிர்ப்பக்கத்தின் வழியே நோக்கும்போது 4 செ.மீ. தொலைவிலும் இருப்பதாகத் தோன்றுகிறது. முதல் பக்கத்திலிருந்து அதன் மெய்த்தொலைவையும், கண்ணுடியின் விலகல் எண்ணையும் கணக்கிடுக. [9 செ.மீ.; 1·5]

10. கண்ணுடி—நீர், ஆல்கஹால்—நீர் ஆகியவற்றிற்கான மாறுநிலைக் கோணங்கள் முறையே 41° 48′, 47° 12′. நீரைப் பொறுத்துக் கண்ணுடி, ஆல்கஹால், ஆல்கஹாலைப் பொறுத்துக் கண்ணுடி ஆகியவற்றின் விலகல் எண்களையும், கண்ணுடி—ஆல்கஹால் பிரிதளத்திற்கான மாறுநிலைக் கோணத்தையும் கணக்கிடுக. [1·5, 1·363, 1·1, 65° 18′]

11. ஒரு சமபக்க முப்பட்டகக் கண்ணுடியின் சிறுமத் திசை மாற்றக் கோணம் 42° என்றால் கண்ணுடியின் விலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுக. [1·55]

12. ஒரு முப்பட்டகத்தின் விலகல் எண் 1·6. அதன் சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணத்தைக் கணக்கிடுக.

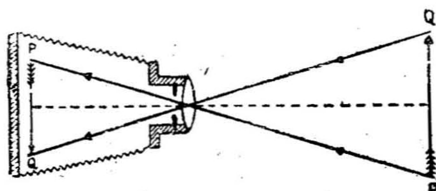
13. ஒரு குவிலென்ஸ் தொலைபொருள் ஒன்றின் பிம்பத்தை அதனின்றும் 20 செ.மீ. தொலைவில் உருவாக்குகிறது. அதனைக்கொண்டு ஒரு பொருளின் மும்மடங்கு உருப் பெருக்கம் செய்யப்பட்ட மெய்ப்பிம்பத்தை உருவாக்க, பொருளை அதனின்றும் எவ்வளவு தொலைவில் வைக்க வேண்டும். அதே அளவு உருப்பெருக்கம் கொண்ட மாய பிம்பத்தை உருவாக்குவதற்கான தொலைவையும் கணக்கிடுக. [26·67 செ.மீ., 13·33 செ.மீ.]

14. ஒரு லென்ஸ் அதிலிருந்து 50 மீட்டர் தொலைவிலுள்ள ஒரு திரையில் 25 மடங்கு உருப்பெருக்கம் செய்யப்பட்ட ஒரு பிம்பத்தை உருவாக்குகிறது. அதன் திறனைக் கணக்கிடுக. [+·52 டையாப்டர்]

## ஒளியியல் கருவிகள் (Optical instruments)

**ஒளிப்படக் கருவி (Camera) :** இதில் உட்புறம் கருமையாக்கப்பட்ட ஓர் ஒளிபுகாப் பெட்டியின் ஒரு முனையில் ஒரு குவிலென்சும், மறுமுனையில் ஒரு திரையும் இருக்கின்றன. திரைக்கும் லென்சுக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவை மாற்ற இயலும் வகையில் பெட்டி துருத்தி (bellows) போன்ற அமைப்பைக் கொண்டுள்ளது. லென்ஸை அடுத்துப் பெட்டியினுள் சரிசெய்து கொள்ளத்தக்க புழையையுடைய ஓர் இடைத் திரை (diaphragm) உள்ளது [படம் 6·75].

குவிலென்ஸ் அதன் முன்னுள்ள பொருள்களின் தலை கீழான மெய்ப்பிம்பம் ஒன்றைத் திரையில் உருவாக்குகிறது. திரைக்கும் லென்சுக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவை மாற்றுவதன்மூலம் வெவ்வேறு தொலைவிலுள்ள பொருள்களின்



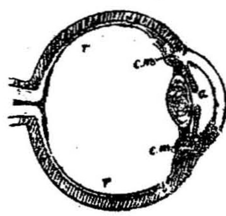

படம் 6.75

தெளிவான பிம்பங்களைத் திரையில் உருவாக்கலாம். இடைத் திரையிலுள்ள புழையின் பரப்பைச் சரிசெய்வதன் மூலம் பெட்டியினுள் நுழையும் ஒளியின் அளவைக் கட்டுப்படுத்த முடியும். மேலும், புழையின் பரப்பைக் குறைப்பதன் மூலம் பிம்பத்தைத் தெளிவு மிக்கதாகச் செய்யலாம்.

ஒரு பொருளின் ஒளிப்படத்தை எடுக்க லென்ஸ் பொருளை நோக்குமாறு ஒளிப்படக் கருவியைத் திருப்பி, திரையில் பொருளின் தெளிவான பிம்பம் உருவாகும்வரை திரைக்கும் லென்சுக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவைச் சரிசெய்ய வேண்டும். பின்னர் திரைக்குப்பதில் ஒளி உணர்தகடு (photo sensitive plate-photographic plate) ஒன்றை அதனிடத்தில் பொருத்தி, குறைந்த நேரத்துக்குக் காட்சிப்படுத்த (expose) வேண்டும். ஒளிஉணர்தகட்டை உருத்துலக்குவதன் (develop) மூலம் பொருளின் ஒளிப்படத்தைப் பெறலாம்.

**கண் (eye)**

கண்ணின் அமைப்பு ஒளிப்படக் கருவியின் அமைப்பைப் பெரிதும் ஒத்திருக்கிறது. இதில் விழி கோளத்தின் (eye ball) முன்னுள்ள ஒரு படிக லென்ஸ் (crystalline lens) அதன் பின்னுள்ள, பார்வை நரம்புகளால் பின்னப்பட்ட ஒளி உணர் திறனுள்ள ஒரு குழிவான திரையில் தலைகீழான மெய்ப் பிம்பம் ஒன்றை உருவாக்குகிறது. திரை விழித்திரை (retina) எனப்படும்.



படம் 6.76

லென்ஸ் சிலியரித் தசைகள் (ciliary muscles-c.m.) என்னும்

தசைகளால் தாங்கப்பட்டுள்ளது. லென்ஸின்முன் தானே சரிசெய்து கொள்ளும் மையப் புழையுடைய ஓர் இடைத் திரையும் ($a$) உள்ளது [படம் 6.76].

இயல்பான, குறைபாடற்ற கண்ணில் லென்ஸின் முக்கியக் குவியம் விழித்திரையின்மீது அமையும். எனவே, தொலை பொருள்களின் பிம்பங்கள் இயற்கையாகவே விழித்திரையில் உருவாகும். ஆனால், அருகிலுள்ள பொருள்களை நோக்கும் போது சிலியரித் தசைகள் லென்சைச் சுருக்குகின்றன. எனவே, லென்ஸின் குவியத் தூரம் குறைகிறது; பொருளின் பிம்பம் விழித்திரையில் உருவாகிறது. பொருள்களின் தொலைவுக்கேற்பத் தன் குவியத் தூரத்தை மாற்றிக் கொள்ளும் விழி லென்ஸின் இவ் வரிய பண்பு அதன் **இசைவுபடுதிறன்** (power of accommodation) எனப்படும். மேலும் பொலிவு மிக்க பொருள்களை நோக்கும்போது மிகுதியான ஒளி கண்ணினுள் செல்லாவண்ணம் இடைத் திரையிலுள்ள மையப்புழை தானே இயங்கிச் சுருங்குகிறது.

இயல்பான கண்ணைப் பொறுத்தவரை அது, பொருள் 25 செ.மீ. தொலைவுக்குள் இருப்பின் தன் இசைவுபடுதிறனை இழந்து விடுகிறது. எனவே, 25 செ.மீ. தொலைவுக்குள் உள்ள பொருள்கள் தெளிவாகத் தெரிவதில்லை. இத் தொலைவு **தெளிவுக்காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவு** (least distance of distinct vision) எனப்படும். மேலும், இயல்பான நிலையிலுள்ள கண் முடிவிலாத் தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளையும் தெளிவாகக் காணமுடியும். இது, தெளிவுக் காட்சியின் பெருமத் தொலைவு எனப்படும்.

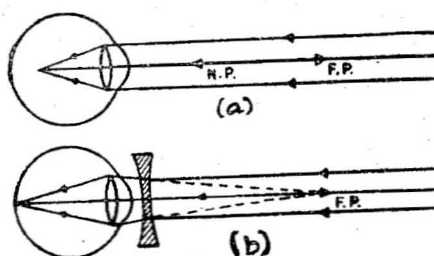
ஒரு கண்ணைப் பொறுத்தவரை தெளிவுக் காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவிலுள்ள ஒரு புள்ளி **கிட்டப் புள்ளி** (near point — N.P.) எனவும், பெருமத் தொலைவில் உள்ள ஒரு புள்ளி **தொலைபுள்ளி** (far point-F.P.) எனவும் அழைக்கப் படுகின்றன.

**கண்ணின் குறைபாடுகள்**

பொதுவில் காணப்படும் குறைபாடுகள் இரண்டு. ஒன்று கிட்டப் பார்வை; மற்றொன்று தூரப் பார்வை.

**கிட்டப் பார்வை :** இக் குறைபாடுடைய கண் தொலைவிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண முடியாது. ஏனெனில், அக்கண்ணின் தொலைப்புள்ளி அதனிடமிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவிலேயே உள்ளது. தொலைவிலுள்ள ஒரு

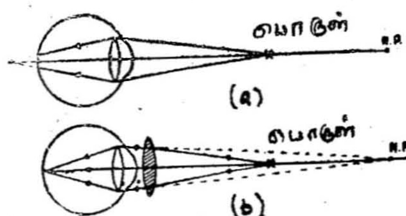
பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் விழித்திரைக்கு முன்னாலேயே குவிக்கப்படுகின்றன [படம் 6.77*a*].




படம் 6.77

இக் குறைபாட்டை நீக்க, கண்ணுக்குமுன் தக்க குவியத் தூரமுள்ள ஒரு குழிலென்ஸைப் பயன்படுத்த வேண்டும். குழி லென்ஸ், தொலை பொருளிலிருந்து வரும் இணைகதிர்களைத் தொலைபுள்ளியிலிருந்து வருவதுபோல் தோன்றச் செய்கிறது. எனவே, லென்ஸின் குவியத் தூரம் குறைந்தது கண்ணினின்றும் தொலைபுள்ளியின் (F.P.) தொலைவுக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

**தூரப் பார்வை :** இக் குறைபாடுடைய கண் தொலைவி லுள்ள பொருள்களை மட்டுமே தெளிவாகக் காணமுடியும். ஏனெனில், அக் கண்ணின் கிட்டப் புள்ளி கண்ணினின்றும் 25 செ.மீ.-க்கு அதிகமான தொலைவில் உள்ளது. கிட்டப் புள்ளியைவிடக் குறைந்த தொலைவில் உள்ள பொருள்களி னின்றும் செல்லும் கதிர்கள் விழித்திரைக்குப் பின்னால் குவிக்கப்படுகின்றன [படம் 6.78*a*].



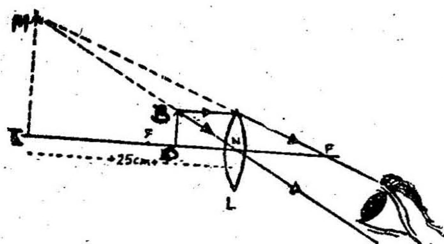

படம் 6.78

இக் குறைபாட்டை நீக்க, கண்ணின்முன் தக்க குவியத் தூரத்தையுடைய ஒரு குவிலென்ஸைப் பயன்படுத்த வேண்டும். கண்ணின் கிட்டப் புள்ளியைவிடக் குறைந்த தொலைவிலுள்ள பொருளினின்றும் செல்லும் கதிர்கள் குவி

லென்ஸை ஊடுருவியபின் இயல்பான கண்ணின் கிட்டப் புள்ளியிலிருந்து வருவதுபோல் தோன்றுமாறு அமைவதற் கேற்பக் குவிலென்ஸின் குவியத் தூரம் இருக்கவேண்டும்.

### எளிய நுண்ணேக்கி (Simple microscope)

எளிய நுண்ணேக்கி என்பது குறைந்த குவியத் தூரத்தை யுடைய ஒரு குவிலென்ஸாகும். நோக்கப்படும் ஒரு பொருளின் அளவு அது கண்ணில் அமைக்கும் கோணத்தைப்




படம் 6.79

பொறுத்தது. எனவேதான் தொலைவிலுள்ள பெரிய பொருள்களும் சிறியனவாகக் காணப்படுகின்றன. கண்ணுக்கு அருகே வரவர பொருள்களின் அளவு மிகுதியாகிறது. ஆனால், தெளிவுக் காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவைவிடக் குறைந்த தொலைவுக்குப் பொருள்கள் கொண்டுவரப் பட்டாலோ அவை தெளிவாகத் தெரிவதில்லை. எனவே, ஒரு குவிலென்ஸைப் பயன்படுத்திக் கண்ணுக்கு மிக அருகேயுள்ள ஒரு பொருளின் பெரிய மாயபிம்பம் ஒன்றைத் தெளிவுக் காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவில் உருவாகுமாறு செய்கிறோம் [படம் 6.79].

### நுண்ணேக்கியின் உருப்பெருக்குதிறன் (Magnifying power)

**நுண்ணேக்கியின் உருப்பெருக்குத் திறன் என்பது அதனால் தெளிவுக் காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவில் உருவாக்கப்பட்ட பிம்பம் கண்ணில் அமைக்கும் கோணத் திற்கும், பொருள் அத் தொலைவில் இருக்கும்போது கண்ணில் அமைக்கும் கோணத்திற்கும் உள்ள தகவு ஆகும்.**

எளிய நுண்ணேக்கியால் காணப்படும் பிம்பங்களும் பொருள்களும் சிறியவையாதலால் கண்ணில் அவை அமைக்கும் கோணங்கள் அவற்றின் நீளவாட்ட அளவு களுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

எனவே, உருப் பெருக்குத்திறன் $= \frac{\text{பிம்பத்தின் நீளம்}}{\text{பொருளின் நீளம்}} = \frac{v}{u}$.

எளிய நுண்ணோக்கியின் குவியத் தூரத்தையும், உருப் பெருக்கும் திறனையும் இணைக்கக் கூடிய வாய்பாடு ஒன்றினைப் பின்வருமாறு பெறலாம்.

குவிலென்ஸின் குவியத் தூரம் $f$ எனவும், லென்ஸி லிருந்து பொருள், பிம்பம் ஆகியவற்றின் தொலைவுகள் முறையே $u$, $v$ எனவும் குறிக்கப்பட்டால்,

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f} \text{ ஆகும்.}$$

பிம்பம், மாய பிம்பம் ஆதலால்

$$\frac{1}{u}-\frac{1}{v}=\frac{1}{f}.$$

சமன்பாட்டை $v$ ஆல் பெருக்கினல்

$$\frac{v}{u}-1=\frac{v}{f}$$

அல்லது $$\frac{v}{u}=1+\frac{v}{f}.$$

எளிய நுண்ணோக்கியில் பிம்பம் தெளிவுக்காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவில் $(D)$ உருவாக்கப்படுவதால்,

உருப்பெருக்கு திறன் $\frac{v}{u}=1+\frac{D}{f}$.

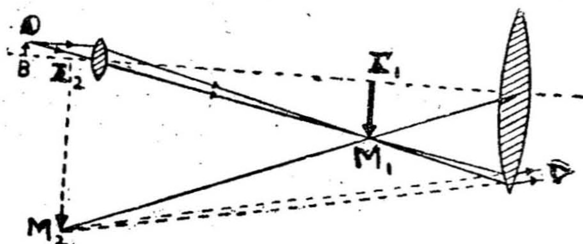
மேற்கூறிய வாய்பாட்டிலிருந்து லென்ஸின் குவியத் தூரம் குறையும்போது அதன் உருப்பெருக்குதிறன் மிகுதியாகிறது என்பது தெளிவாகிறது.

**கூட்டு நுண்ணோக்கி** (Compound microscope)

எளிய நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்குதிறனின் பெரும மதிப்பு சுமார் 25 ஆகும். எனவே, அதிக அளவு உருப் பெருக்கு திறனையடைய கூட்டு நுண்ணோக்கி பயன்படுத்தப் படுகிறது.

கூட்டு நுண்ணோக்கியில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட லென்சுகள் உள்ளன. மிக எளிய கூட்டு நுண்ணோக்கியில் குறைந்த குவியத் தூரத்தையுடைய இரு குவிலென்சுகள் உள்ளன. இரு லென்சுகளும் அவற்றின் முக்கிய அச்சுகள் இணையுமாறு ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவில், உலோகக் குழாய் ஒன்றின் இரு முனைகளிலும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. பொருளை ஒரு

லென்சுக்கு முன்னுல் வைத்து மற்றென்றின் வழியே நோக்குகிறேம். பொருளை நோக்கியிருக்கும் லென்ஸ் பொருளருகு லென்ஸ் (objective) எனவும், கண்ணுக்கு அருகில் இருக்கும் லென்ஸ் விழிக்கருவி (eye piece) எனவும் அழைக்கப் படுகின்றன. பொதுவாகப் பொருளருகு லென்ஸின் குவியத் தூரம் விழிக்கருவியின் குவியத் தூரத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.




படம் 6.80

கூட்டு நுண்ணேக்கி செயற்படும் முறையைப் படம் 6.80-லிருந்து விளங்கிக் கொள்ளலாம். படத்தில் பொருளி லிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் கண்ணை அடையுமுன் செல்லும் பாதையைக் காணலாம்.

நோக்கப்படவேண்டிய பொருள் $(OB)$ பொருளருகு லென்சுக்குமுன் அதன் குவியத் தூரத்தைவிடச் சற்றே அதிகமான தொலைவில் வைக்கப்படுகிறது. பொருளின் தலை கீழான, பெருக்கப்பட்ட மெய்ப்பிம்பம் $(I_1M_1)$ ஒன்று பொருளருகு லென்ஸின் மறுபுறம் அதன் இருமடங்கு குவியத் தூரத்திற்கு அப்பால் உருவாகிறது. இந்த பிம்பம் விழிக் கருவியின் முக்கியக் குவியத்திற்குள் விழும்படி விழிக்கருவி சரி செய்யப்பட்டால் பொருளின் தலைகீழான, மிகவும் பெருக்கப் பட்ட மாயபிம்பம் $(I_2M_2)$ ஒன்றை விழிக்கருவி வழியே காணலாம். விழிக்கருவி வழியே காணப்படும் பிம்பம் தெளிவுக் காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவில் அமையுமாறு பொருளின் நிலை, இரு லென்சுகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு ஆகியவற்றை அமைத்துக் கொள்ளலாம்.

பொருளருகு லென்ஸ், விழிக்கருவி ஆகியவற்றுல் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம் முறையே $m_o$, $m_e$ ஆனுல் கூட்டு நுண்ணேக்கியில் ஏற்படும் மொத்த உருப்பெருக்கம்

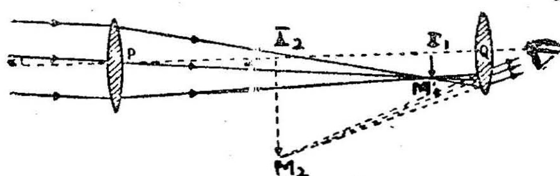
$$M = m_o \times m_e$$ ஆகும்.

இங்கு $m_o = \frac{v_o}{u_o}$, $m_e = 1 + \frac{D}{f_e}$ என்று நினைவிற் கொள்ள வேண்டும்.

**வானியல் தொலைநோக்கி** (Astronomical telescope)

தொலைவில் சிறிய அளவாகக் காணக்கூடிய பொருள்களைப் பெரிய அளவில் காணத் துணைசெய்வது தொலைநோக்கியாகும்.

ஓர் எளிய வானியல் தொலைநோக்கியில் வேறுபட்ட குவியத்தூரங்களையுடைய இரு குவிலென்சுகள் அவற்றின் முக்கிய அச்சுகள் ஒன்றேடொன்று இணையுமாறு ஓர் உலோகக் குழாயின் இரு முனைகளில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. பொருளருகு லென்ஸ் அதிகக் குவியத்தூரம் உடையதாயும், பெரிய அளவினதாயும் இருக்கிறது. விழிக்கருவி குறைந்த குவியத்தூரத்தைக் கொண்டதாயும், சிறிய அளவினதாயும் இருக்கிறது. இரு லென்சுக்குமிடையேயுள்ள தொலைவைச் சரி செய்துகொள்ள முடியும். படம் 6.81 தொலைநோக்கி தொழிற்படுமுறையை, அதாவது, தொலைபொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் எவ்வாறு பெரிய பிம்பத்தைத் தருகின்றன என்பதைக் காட்டுகிறது.




படம் 6.81

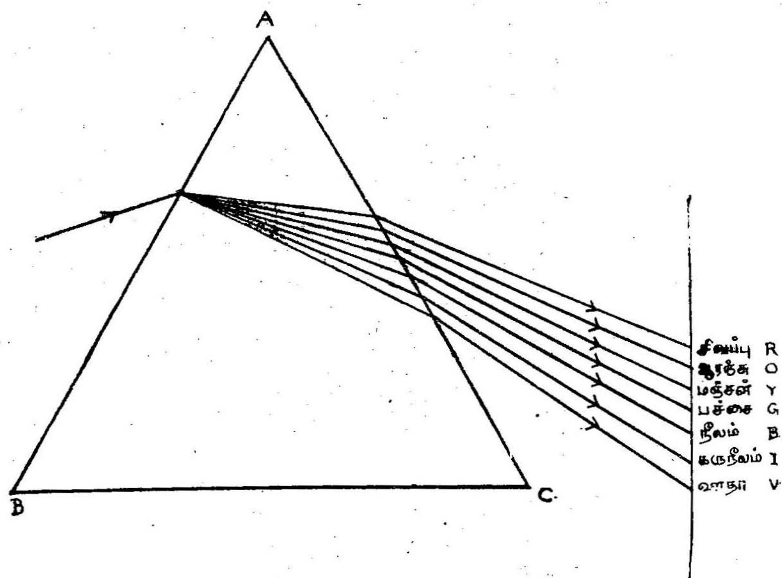
தொலைபொருளின் தலைகீழான மெய்ப்பிம்பம் ஒன்றை $(I_1M_1)$ பொருளருகு லென்ஸ் அதன் முக்கியக் குவியத்தில் உருவாக்குகிறது. இப் பிம்பம் விழிக்கருவியின் முக்கிய குவியத்திற்குள் இருக்குமாறு விழிக்கருவியைச் சரிசெய்தால் பொருளின் தலைகீழான, மிகவும் பெருக்கப்பட்ட மாயபிம்பம் $(I_2M_2)$ ஒன்றைக் காணலாம். இறுதிப் பிம்பத்தைத் தெளிவுக் காட்சியின் மீச்சிறு தொலைவுக்கும் முடிவிலாத் தொலைவுக்குமிடையே எங்கு வேண்டுமானாலும் உருவாக்கிக் கொள்ளலாமெனினும் வழக்கமாக அது முடிவிலாத் தொலைவிலேயே உருவாக்கப்படுகிறது. இதனால் கண்ணுக்கு ஏற்படும் சோர்வு

குறைக்கப்படுகிறது. இந் நிலையில், தொலைநோக்கியின் நீளம் இரு லென்சுகளின் குவியத்தூரங்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாக இருக்கும். மேலும், தொலைநோக்கியின் உருப் பெருக்குதிறன், பொருளருகு லென்ஸின் குவியத்தூரத் திற்கும் விழிக்கருவியின் குவியத்தூரத்திற்கும் உள்ள தகவு ஆகும். அதாவது,

$$\text{உருப்பெருக்குதிறன்} = \frac{\text{பொருளருகுலென்ஸின் குவியத் தூரம்}}{\text{விழிக்கருவியின் குவியத்தூரம்}}$$

**நிறப்பிரிகை** (Dispersion)

சூரிய ஒளிக்கற்றை ஒன்றைப் பல்வேறு வண்ணக்கற்றைகளாகப் பிரிக்க முடியும் என்பது நெடுநாளாக அறிந்த ஓர் உண்மையாகும். சூரியனிடமிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றை ஒன்றை முப்பட்டகக் கண்ணாடி ஒன்றின்மூலம் விலகலடையச் செய்து ஒரு திரையின்மீது வீழ்த்தினால் திரையின் மீது ஊதா முதல் சிவப்பு ஈறாக உள்ள ஏழு வண்ணங்களடங்கிய ஒரு நிறத் தொகுதியைக் காணலாம் (படம் 6.82).




படம் 6.82

பல்வேறு வண்ணங்களடங்கிய கூட்டு ஒளி ஒன்றை அதனுள் அடங்கிய வண்ணங்களாகப் பிரிக்கும் நிகழ்ச்சிக்கு நிறப்பிரிகை என்று பெயர்.

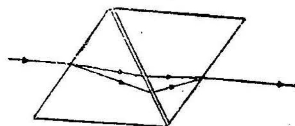
நிறப்பிரிகையால் கிடைக்கும் நிறத்தொகுதி நிறமாலை (spectrum) எனப்படும்

வெள்ளொளிக் கற்றை ஒன்று நிறமாலையாகப் பிரிவதைப் பின்வருமாறு விளங்கிக் கொள்ளலாம். கண்ணாடியின் விலகல் எண் நிறத்திற்கு நிறம் மாறுபடுவதால் ஒவ்வொரு நிறமும் வெவ்வேறு அளவிற்குத் திசைமாறுகின்றன. அவற்றுள் ஊதா மிக அதிகமாகவும், சிவப்பு மிகக் குறைவாகவும், ஏனைய நிறங்கள் இடைப்பட்ட அளவுகளிலும் திசை மாறுகின்றன. எனவே, வெள்ளொளி பல்வேறு வண்ண ஒளிகளாகப் பிரிக்கப் படுகிறது.

## பல்வேறு வண்ணங்களின் சேர்க்கை

நிறமாலையிலுள்ள பல்வேறு வண்ணங்களை ஒன்றுகச் சேர்த்தால் வெள்ளொளி கிடைக்கும் என்பதைக் கீழ்வரும் சோதனையால் விளக்கலாம்:

வெள்ளொளியை முப்பட்டகத்தின் வழியே செலுத்தித் திரையில் ஒரு நிறமாலையை உருவாக்கிக் கொள்ளவும். பின்னர் முப்பட்டகத்தின் அருகே மற்றோர் ஒத்த முப்பட்டகத்தைத் தலைகீழாகவும், இரு முப்பட்டகங்களின் அடித்தளங்கள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்குமாறும் வைக்கவும் [படம் 6.83]. இப்போது திரையிலுள்ள நிறமாலை மறைந்து வெள்ளொளிப் பட்டை ஒன்று காணப்படும். இரு முப்பட்டகங்களின் கூட்டு இணை பக்கங்களையுடைய ஒரு கண்ணாடிப் பட்டையாகத் தொழிற்படுகிறது. ஒரு முப்பட்டகம் ஏற்படுத்திய நிறப்பிரிகை மற்றொன்றால் அழிக்கப்படுகிறது. எனவே, திரையில் வெள்ளொளிப் பட்டை காணப்படும்.

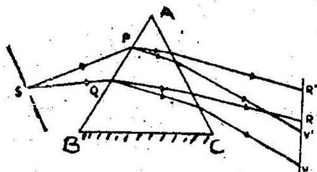


படம் 6.83

## தூய நிறமாலை (Pure spectrum)

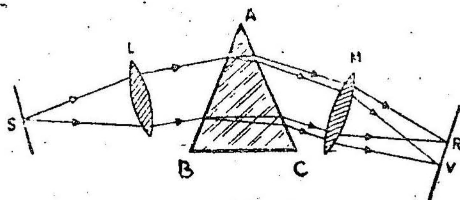
வெள்ளொளியின் அகலமான விரிகற்றை ஒன்று முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தில் விழுவதாகக் கருதுவோம் [படம் 6.84]. கற்றையின் விளிம்பிலுள்ள இரு கதிர்களை மட்டும் கருத்திற் கொள்வோமாயின் அவையிரண்டும் இரு நிறமாலைகளை உருவாக்கும். இரு நிறமாலைகளின் நடுப்பகுதிகள் ஒன்றின்மேலொன்று இணையும். எனவே, திரையில் தோன்றும் நிறமாலையின் நடுப்பகுதியில் வண்ணங்கள் ஓரளவுக்கு ஒன்றின் மேலொன்று இணையும். இத்தகைய நிறமாலையில்

வண்ணங்களைத் தனித்துத் தெளிவாகக் காணமுடியாது. அது கலப்பு நிறமாலை (impure spectrum) எனப்படும் [படம்6.84]. வண்ணங்கள் தனித்துத் தெளிவாகத் தோன்றும் நிறமாலை தூய நிறமாலை எனப்படும்.



படம்6.84

தூய நிறமாலையைப் படம் 6.85-ல் காட்டப்பட்டுள்ள அமைப்பின் உதவியால் பெறலாம்.



படம் 6.85

குறுகலான, நீண்ட இடைவெளி ஒன்று பொலிவு மிக்க வெள்ளொளியால் ஒளியூட்டப் படுகிறது. இடைவெளியிலிருந்து புறப்படும் விரிகற்றை குவிலென்ஸ் ஒன்றால் இணை கற்றையாக மாற்றப்படுகிறது. இடைவெளியிலிருந்து லென்ஸை அதன் குவியத்தூரத்தில் வைப்பதால் விரிகற்றை இணைகற்றையாகும். இந்த இணைகற்றை சிறுமத் திசைமாற்ற நிலையில் வைக்கப்பட்ட முப்பட்டகத்தின்மீது விழுகிறது. முப்பட்டகத்தின் வழியே ஊடுருவியபின் படுகற்றை வெவ்வேறு வண்ணக் கற்றைகளாக வெளிப்படுகின்றன. இணைகற்றைகளாக அமையும் இவற்றை மற்றொரு குவிலென்ஸின் உதவியால் ஒரு திரையின்மீது வெவ்வேறு புள்ளிகளில் குவிப்பதன் மூலம் தூய நிறமாலையைப் பெறலாம்.

எனவே, தூய நிறமாலையை உருவாக்குவதற்கான தேவைகள் பின்வருமாறு:

1. படுகற்றை ஒரு சிறிய நீண்ட சிறு இடைவெளி வழியே செலுத்தப்பட வேண்டும்.

2. முப்பட்டகத்தின்மீது படுமுன் இணைகற்றையாக மாற்றப்பட வேண்டும்.

3. முப்பட்டகம் சிறுமத் திசைமாற்ற நிலையில் வைக்கப்பட வேண்டும்.

4. பல்வேறு வண்ண விடுகற்றைகள் ஒரு குவிலென்ஸின் உதவியால் குவிக்கப்பட வேண்டும்.

## வினாக்கள்

1. மனிதனின் கண்ணைப் படம் வரைந்து விளக்குக. அதன் குறைபாடுகளையும் அவற்றை எவ்வாறு தவிர்ப்பது என்பதையும் விளக்கிக் கூறுக.

2. எளிய நுண்ணோக்கி ஒன்றை விளக்கிக் கூறி, அதன் உருப்பெருக்குதிறனைப் பெறுக.

3. கூட்டு நுண்ணோக்கியை விளக்குக. பொருளிலிருந்து புறப்பட்டு, கூட்டு நுண்ணோக்கி வழியாகச் சென்று இறுதி பிம்பத்தை உருவாக்கும் ஒளிக்கதிர்களின் பாதையை வரைக.

4. வானியல் தொலைநோக்கி தொழிற்படு முறையை விளக்குக.

5. நிறப்பிரிகை, நிறமாலை ஆகியவற்றை விளக்குக.

6. தூய நிறமாலை என்றால் என்ன? தூய நிறமாலையைப் பெறுவதற்கான அமைப்பை விளக்குக.

# 7. ஒலியியல்
## (Sound)

**ஒலியை உருவாக்குதல்**

ஒலியும் ஒருவகை ஆற்றலே. பருப்பொருள்கள் அதிர்வுறுவதால் ஒலி உண்டாகிறது. பருப்பொருள்கள் அதிரும் போது ஒரு விநாடியில் ஏற்படும் அலைவுகளின் எண்ணிக்கை அதிர்வெண் அல்லது அடுக்கம் (frequency) எனப்படும். அதனையே அப் பொருள் உண்டாக்கும் ஒலியின் அடுக்கம் என்றும் கூறுகிறோம். பருப்பொருள்களின் அலைவினால் ஒலி உண்டாகிறது என்று கூறினோமல்லவா? ஆனால், தனி ஊசல் அலையும்போது எவ்வித ஒலியும் உண்டாவதில்லை என்பதை நாமறிவோம். அஃது ஏனெனில் நம் காதுகளுக்குச் சுமார் 20 முதல் 20,000 வரை அடுக்கம்கொண்ட ஒலியை மட்டுமே உணரக் கூடிய ஆற்றல் உண்டு. இந்த அடுக்க வரம்பு செவியுணர் வரம்பு (limit of audibility) எனப்படும். இந்த வரம்புக்கு அப்பாற்பட்ட அடுக்கத்தையுடைய ஒலிகளை நம் செவி உணர முடியாது. ஒலி உண்டாக்கும் பொருள்கள் அதிர்கின்றன என்பதைப் பின்வரும் உண்மைகளால் விளங்கிக் கொள்ளலாம்.

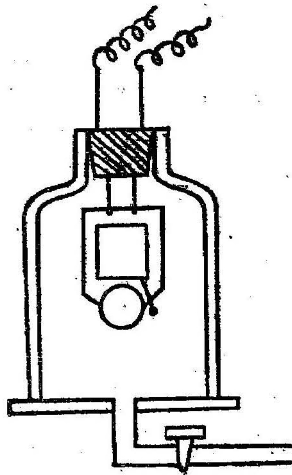
1. ஒலி உண்டாக்கும் பொருள்களின் விளிம்புகள் தெளிவற்று இருக்கும்.

2. அதிர்வூட்டப்பட்ட ஓர் இசைக்கவையின் (tuning fork) கரங்கள் நீரில் படுமாறு செய்தால் நீர் சிதறுவதைக் காணலாம்.

3. மேலும், அதிர்வூட்டப்பட்ட ஓர் இசைக்கவையின் கரங்களின் அருகில் லேசான பொருள்கள் எதையும் வைத்தால் அவை தள்ளப்படுவதையும் காணலாம்.

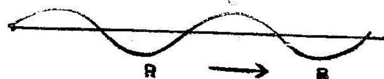
**ஒலி பரவுதல்**

ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு ஒலி பரவ ஒரு பருப் பொருள் ஊடகம் இன்றியமையாததாகிறது. வெற்றிடத்தின் வழியே ஒலி செல்ல முடியாது. இவ் வுண்மையைப் பின்வரும் சோதனை யால் அறியலாம். காற்று நீக்கும் பம்புடன் இணைக்கப்பட்ட, காற்றுப் புகாவண்ணம் மூடப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிச் சாடியினுள் மின்சார மணி ஒன்றை வைக்கவும். மணியை இயக்கி விட்டுச் சாடியினுள் இருக்கும் காற்றைச் சிறிது சிறிதாக நீக்கினால் மணியின் ஒலி சிறிது சிறிதாகக் குறைந்து கொண்டே வந்து இறுதியாகக் கேட்காது. எனினும் மணி அடித்துக்கொண் டிருப்பதைக் காணலாம். அடுத்து, சாடிக்குள் சிறிது சிறிதாகக் காற்றை அளிப்போமாயின் ஒலி சிறிது சிறிதாக அதிகமாகிக் கொண்டே வரும். இச்சோதனையிலிருந்து ஒலி வெற்றிடத்தின் வழியாகச் செல்ல முடியாது என்பது நன்றாகத் தெளிவாகிறது.



படம் 7.1

அடுத்து, ஒலிபரவும் முறையைப்பற்றிப் பார்ப்போம். ஒலி, அலைவடிவில் பரவுகிறது. இந்த அலைகள் திட, திரவ, வாயுப்பொருள்களின் வழியே ஊடுருவிச் செல்லுகின்றன. நீர்ப்பரப்பின்மீது ஏற்படும் அலைகளைக் கருத்திற் கொள்வோமானால் அலையியக்கத்தைப்பற்றித் தெளிவாக அறிய முடியும். அமைதியான நீர்ப்பரப்பில் ஒரு சிறு கல்லைப் போடுவதாகக் கொள்வோம். கல் விழுந்த இடத்தில் நீர்ப்பரப்பு அதிர் வூட்டப்பட்டு மேலும் கீழும் அசைகிறது. எனவே, அவ் விடத்திலிருந்து வட்ட வடிவ அகடுகளும் (troughs), முகடுகளும் (crests) அடுத்தடுத்து உருவாகி அதிர்வூட்டப்பட்ட




படம் 7.2

இடத்திலிருந்து விலகிச் செல்லுகின்றன [படம் 7·2]. இவ்வாறு ஒரிடக்கில் உருவாக்கப்பட்ட அதிர்வானது அகடுகளும் முகடு

களுமாக மற்றத் திசைகளுக்கும் பரவுவதை அலையியக்கம் (wave motion) என அழைக்கிறோம். முகடும் ஓர் அகடும் சேர்ந்தது ஓர் அலை எனப்படும். நீர்ப்பரப்பின்மீது ஒரு சிறு மரத்துண்டை வைத்தால் அது அலைபரவும் திசையில் செல்லாது மேலும் கீழும் மட்டுமே அசையும். எனவே, அலைகள் மட்டுமே நீர்ப்பரப்பில் முன்னேறிச் செல்லுகின்றன என்பதும் நீர்ப்பகுதிகள் அவற்றின் நடு நிலையிலிருந்து மேலும் கீழும் மட்டுமே அசைகின்றன என்பதும் தெளிவாகின்றன.

## இருவகை அலைகள்

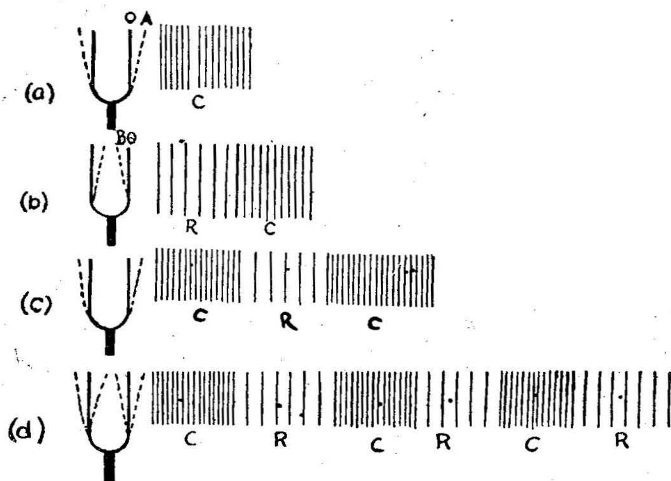
அலைபரவும் திசையைப் பொறுத்து ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிரும் முறையின் அடிப்படையில் அலைகள் இரு வகையாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை குறுக்கலைகள் (transverse waves), நெட்டலைகள் (longitudinal waves) எனப்படும்.

ஊடகம் ஒன்றில் அலைகள் பரவும்போது ஊடகத்தின் துகள்கள் அலைபரவும் திசைக்கு செங்குத்துத் திசையில் அதிர்ந்தால் அவை குறுக்கலைகள் எனப்படும். ஊடகத்தின் துகள்கள் அலை பரவும் திசையிலேயே அதிர்ந்தால் அவை நெட்டலைகள் எனப்படும்.

நீர்ப்பரப்பின்மீது பரவும் அலைகள் குறுக்கலைகளாகும். காற்றிலும் எல்லா வாயுக்களிலும் நெட்டலைகள் வடிவிலேயே ஒலி பரவுகிறது.

இனி, காற்றில் ஒலி பரவுதலைப்பற்றிக் காண்போம். படம் 7.3 காற்றில் அலைபரவும் முறையை விளக்குகிறது. படத்தில் $T$ என்பது இசைக்கவை எனப்படும். இசைக் கவையை ஓர் இரப்பர் சுத்தியைக் கொண்டு இயக்கினால் அதன் கரங்கள் அதிர்வுற்று ஒலி உண்டாக்கும். இப்போது, அதிர்வூட்டப்பட்ட அதன் ஒரு கரத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். கரம், அதன் நடுநிலையிலிருந்து $(O)$ $A$ என்னும் நிலைக்குச் செல்லும்போது அதன் பக்கத்திலுள்ள காற்றேட்டை நெருக்கி அழுத்துகிறது. இவ்வாறு நெருக்கி அழுத்தப்பட்ட காற்றேடு விரிவடைய முயன்று அருகிலுள்ள காற்றேட்டை நெருக்கி அழுத்துகிறது. இவ்வாறாக இந்த நெருக்கநிலை அடுத்தடுத்த காற்றேடுகளுக்குப் பரவுகிறது. அடுத்து, கவை $B$ என்ற

ஏடு இப்போது நெகிழ்வடைகிறது. நெருக்க நிலையைப் போலவே இந்த நெகிழ்வு நிலையும் அடுத்தடுத்த காற்றேடு களுக்குப் பரவுகிறது.




படம் 7.3

இவ்வாறாக, இசைக்கவை அதிரும்போது நெருக்கநிலைகளும் (compressions), நெகிழ்வு நிலைகளும் (rarefactions) அடுத்தடுத்து உருவாக்கப்படுகின்றன. மேற் சொல்லப்பட்ட விவாதத்திலிருந்து காற்றுத் துகள்கள் அவற்றின் நடுநிலையிலிருந்து முன்னும் பின்னும் மட்டுமே அசைகின்றன. ஆனால், உருவாக்கப்பட்ட நெருக்கங்களும் நெகிழ்வுகளும் எல்லாத் திசைகளிலும் முன்னோக்கிச் செல்லுகின்றன என்பது தெளிவாகிறது. நெருக்கங்களும் நெகிழ்வுகளும் இவ்வாறு செல்வதையே அலையியக்கம் என அழைக்கிறோம். ஒரு நெருக்கமும் ஒரு நெகிழ்வும் சேர்ந்தது ஓர் அலை எனப்படும். இங்கு, துகள்கள் அலையியக்கத் திசையிலேயே அதிர்வுறுவதால் அலைகள் நெட்டலைகளாகும்.

படங்கள் 7.2, 7.3 ஆகியவற்றை நோக்குவோமானால் ஊடகத்தினுள் அலையியக்கம் நிகழும்போது ஊடகத் துகள் ஒவ்வொன்றும் அவற்றின் நடுநிலைகளிலிருந்து வெவ்வேறு நிலைகளில் இருப்பதைக் காணலாம். எனினும், ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட தொகுதித் துகள்கள் ஒரே அதிர்வு நிலையில் இருப்பதைக் காணலாம். படங்களில் $C$, $C$ என்ற இடங்களில் உள்ள துகள்கள் ஒரே அதிர்வு நிலையிலும், $R$, $R$

என்ற இடங்களில் உள்ள துகள்கள் வேறோர் அதிர்வு நிலையிலும் உள்ளன. இத்தொகுதித் துகள்கள் அதே அதிர்வு நிலையில் அல்லது அதே கட்டத்தில் (Phase) உள்ளன எனக் கூறப்படுகின்றன.

அதே கட்டத்தில் உள்ள அடுத்தடுத்த இரு துகள்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு அலைநீளம் எனப்படும்.

படம் 7·2-ல் அடுத்தடுத்த இரு அகடுகள் அல்லது முகடுகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு அலைநீளம் எனப்படும். படம் 7·3-ல் அடுத்தடுத்த இருநெருக்கங்கள் அல்லது நெகிழ்வுகளுக் கிடையேயுள்ள தொலைவு அலைநீளம் எனப்படும். அலைநீளம் $\lambda$ என்று குறியிடப்படுகிறது.

அலைநீளமும் அலை அடுக்கமும்

படம் 7·3-ல் இசைக் கவையின் கரம் முதன்முறை $A$ என்ற நிலைக்கு வரும்போது உருவாக்கப்பட்ட நெருக்கம் [படம் 7·3*a*] கரம் மறுமுறை அதே நிலைக்கு வரும்போது [படம் 7·3*c*] சிறிது தொலைவு நகர்ந்து அது இருந்த இடத்தில் மற்றொரு நெருக்கம் உருவாவதைக் காணலாம். எனவே, இசைக்கவையின் கரம் அல்லது இசைக்கவை ஒருமுறை அதிரும் அதே கால அளவில் ஒலியானது ஓர் அலைநீளம் நகருகிறது.

இசைக்கவையின் அடுக்கம் $n$ என்று கூறப்பட்டால் இசைக்கவை வினாடிக்கு $n$ முறைகள் அதிர்வுறுகிறது எனப் பொருள்படும். எனவே, ஒரு வினாடியில் ஒலி செல்லும் தொலைவு அதாவது அதன் வேகம்

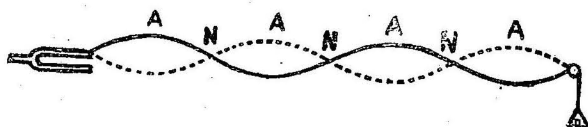
$$v = n\lambda$$

ஆகும்.

நிலை அலைகள் (Stationary waves)

ஓர் ஊடகத்தினுள் ஒலி அலைகள் உருவாக்கப்பட்டால் அவை எல்லாத் திசைகளிலும் முன்னேறிச் செல்லுகின்றன. அவை, முன்னேறு அலைகள் (progressive waves) எனப்படும். இத்தகைய முன்னேறு அலைகளின் பாதையில் ஒரு தடுப்பை வைத்தால், தடுப்பானது அலைகளை எதிரொலித்து ஊடகத்தினுள் முன்னேறு அலைகளுக்கு எதிர்த்திசையில் அனுப்பும். எனவே, முன்னேறு அலைகளும் எதிரொலிக்கப்பட்ட அலைகளும் ஒன்றோடொன்று இணைகின்றன. இந் நிலையில் ஊடகத் துகள்கள் இரு அலைகளின் விளைவுகளுக்கு ஆளாகின்றன.

ஊடகத்தில் சில இடங்களில் ஓர் அலையினால் உண்டாக்கப் படும் விளைவுக்கு மற்றோர் அலையினால் உண்டாக்கப்படும் விளைவு எதிர்த்திசையில் அமைந்து ஒன்றையொன்று அழித்துக் கொள்ளும். அவ் விடங்களில் உள்ள துகள்கள் அதிர்வதில்லை. இத்தகைய துகள்கள் இருக்கும் புள்ளிகள் **கணுக்கள்** (nodes) எனப்படும். இரு கணுக்களுக்கிடையே சில புள்ளிகளில் இரு அலைகளாலும் உண்டாக்கப்படும் விளைவுகள் ஒன்றையொன்று ஊக்குவிக்கும். எனவே, அவ் விடங்களில் உள்ள துகள்கள் மிகுதியான வீச்சுடன் அதிரும். அத்தகைய புள்ளிகள் **எதிர்க் கணுக்கள்** (antinodes) எனப்படும். ஊடகத்தின் வெவ்வேறு துகள்களின் அதிர்வு நிலையைப் படம் 7.4-ல் காணலாம். படத்தில் $N$ என்ற புள்ளிகள்




படம் 7.4

கணுக்களாகும்; $A$ என்ற புள்ளிகள் எதிர்க்கணுக்களாகும். நிலைஅலைகளில் அடுத்தடுத்த இரு கணுக்கள் அல்லது எதிர்க் கணுக்களுக்கிடையே உள்ள தொலைவு அரை அலை நீளம் $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ ஆகும். ஒரு கணுவுக்கும் அடுத்த எதிர்க் கணுவுக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு கால் அலை நீளம் $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$ ஆகும்.

இவ்வாறு கணுக்களையும் எதிர்க் கணுக்களையும் ஊடகத்தினுள் உருவாக்கும் அலைகள் நிலை அலைகளாகும். ஓர் ஊடகத்தின் வழியே ஒத்த பண்புகளையுடைய இரு அலைகள் எதிர்த்திசைகளில் செல்லும்போது நிலை அலைகள் உருவாகின்றன. இரு முனைகளும் இழுத்துப் பொருத்தப்பட்ட கம்பி அல்லது கயிற்றிலும் குழாய்களில் உள்ள வாயுத் தம்பங்களிலும் நிலை அலைகளை உருவாக்கலாம். கம்பி அல்லது கயிற்றில் பொருத்தப்பட்ட முனை கணுவாக அமையும். குழாய்களில்உள்ள வாயுத்தம்பங்களில் குழாயின் திறந்த முனை எதிர்க்கணுவாகவும், மூடிய முனை கணுவாகவும் அமையும்.

**வலிந்த அதிர்வுகளும் ஒருங்கியைவும்** (Forced vibrations and resonance)

ஒரு பொருளை அதிர்வூட்டித் தானே அதிரும்படி விட்டால் அது ஒரு குறிப்பிட்ட அடுக்கத்துடன் அதிரும். அந்தக் குறிப்பிட்ட அடுக்கம் பொருளின் பரிமாணங்கள், மீட்சி மாறிலிகள் (elastic constants), பொருள் அதிர்வூட்டப்படும் முறை ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருக்கும். இத்தகைய அதிர்வுகள் இயலதிர்வுகள் (natural vibration) எனப்பெறுகின்றன; அதிர்வுகளின் அடுக்கம் பொருளின் இயலடுக்கம் (natural frequency) எனப்படும்.

**வலிந்த அதிர்வுகள்**

ஒரு பொருள் தானே அதிர்வதற்குப் பதிலாக அதன்மீது செயற்படும் விசையின் காரணமாகவும் அதிரலாம். ஒரு பொருளின் மீது ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடை வெளிகளில் ஒரே சீராக ஒரு விசை செயற்படுமாயின் பொருள் விசையின் அடுக்கத்துடன் அதிரும். எடுத்துக்காட்டாக ஓர் இசைக் கவையை அதிர்வூட்டினால் அதன் இயலடுக்கத்துடன் அது அதிரும். இசைக் கவையை ஒரு மேசைமீது வைப்போமானால் ஒரு பெரும் ஒலி எழுகிறது. ஏனெனில், மேசை இப்போது இசைக்கவையின் அடுக்கத்துடன் அதிருமாறு வலியுறுத்தப்படுகிறது. மேஜையின் அதிர்வுகள் வலிந்த அதிர்வுகள் எனப்படும்.

**ஒத்திசைவு**

ஒரு பொருளின்மீது செயற்படும் விசையின் அடுக்கமும் அப் பொருளின் இயலடுக்கமும் சமமாக இருப்பின் பொருள் மிக அதிக வீச்சுடன் அதிரும். இந் நிகழ்ச்சி ஒத்திசைவு எனப்படும். அந்த அதிர்வுகள் ஒத்திசைவு அதிர்வுகள் எனப்படும்.

ஒத்திசைவுபற்றிய எடுத்துக்காட்டுகள் சிலவற்றை இங்குக் காணலாம்.

1. குறுக்காகக் கட்டப்பட்ட ஒரு கயிற்றிலிருந்து ஒரே நீளமுள்ள இரு தனி ஊசல்களைத் தொங்கவிட்டு ஒன்றை மட்டும் ஆட்டிவிட்டால் மற்றொன்றும் தானாக ஆடத் தொடங்கும்.

2. இழுத்து நீட்டப்பட்ட ஒரு கம்பியின் இயலடுக்கம் அதன் நீளத்தையும், நீள் அடர்த்தியையும் (linear density) பொறுத்தது.

உள்ளீடற்ற ஒரு பெட்டியின்மீது அதனைத் தொடாமல் ஒரு கம்பியை இழுத்து நீட்டி, பெட்டியின்மீது அதிர்வூட்டப் பெற்ற ஓர் இசைக்கவையை வைத்தால் கம்பியின் இயலடுக்கம் இசைக்கவையின் அடுக்கத்திற்குச் சமமானால் கம்பியும் அதிரும். கம்பி அதிர்வதை அதன்மீது வைக்கப்பட்ட ஒரு சிறு காகிதத்துண்டு தூக்கி எறியப்படுவதினின்றும் அறியலாம்.

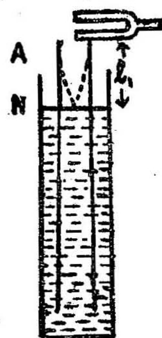
3. ஒரு குழாயிலுள்ள காற்றுத்தம்பத்தின் இயலடுக்கம் அதன் நீளத்தைப் பொறுத்தது. காற்றுத்தம்பத்தின் இயலடுக்கத்திற்குச் சமமான அடுக்கங்கொண்ட ஓர் இசைக் கவையை அதிர்வூட்டி, குழாயின் திறந்தமுனை அருகே பிடித்தால் பெரியதோர் ஒலி கேட்கும்.

### காற்றில் ஒலியின் வேகத்தைக் காணல்

**ஒத்திசைவுத் தம்ப முறை** (Resonance column method): ஓர் உயரமான சாடியில் நீர் எடுத்துக்கொண்டு உலோகம் அல்லது கண்ணாடியாலான, இருபுறமும் திறந்த குழாயை நீரினுள் ஏறத்தாழ மூழ்கியிருக்குமாறு வைக்கவும். இசைக் கவை ஒன்றை அதிர்வூட்டி, குழாயின் முனையருகே கிடை மட்டத்தில் வைத்துக் குழாயைச் சிறிதுசிறிதாக உயர்த்தவும். குழாயின் ஒரு நிலையில் பெரும் ஒலி ஒன்று உருவாகும். இந் நிலையில் நீர்மட்டத்திற்குமேல் குழாயின் நீளத்தை, அதாவது காற்றுத் தம்பத்தின் உயரத்தை ($l_1$) அளவிட்டுக் கொள்ளவும்.

குழாயின் இந்நிலையில் அதனுள் உள்ள காற்று இசைக் கவையுடன் ஒத்திசைவு நிலையில் இருக்கிறது. அது நீர் மட்டத்தில் ஒரு கணுவுடனும் திறந்த முனையில் ஓர் எதிர்க் கணுவுடனும் அதிர்வுறுகிறது [படம் 7.5]. உண்மையில் எதிர்க் கணு திறந்த முனைக்குச் சற்றே மேல் $e$ என்ற தொலைவில் இருக்கிறது என்பது சோதனையின் மூலம் அறியப்பட்டது. $e$ என்பது முனைத் திருத்தம் (end correction) எனப்படும். எனவே, ஒலியின் அலை நீளம் $\lambda$ ஆனால்,

$$l_1 + e = \frac{\lambda}{4} \quad \text{........ச. 7·1}$$



படம் 7.5

குழாயை மேலும் உயரே தூக்கிச் சோதனையைத் திருப்பிச் செய்தால் காற்றுத்தம்ப உயரம் ஏறத்தாழ $l_1$ஐப் போல் மூன்று மடங்கு இருக்கும்போது மீண்டும் ஓர் ஒத்திசைவு ஏற்பட்டு ஒலி உண்டாகும். இந்

நிலையில் காற்றுத்தம்பம் படம் 7.6-ல் உள்ளவாறு இரு முனைகளிலும் உள்ள கணு, எதிர்க்கணுவல்லாது மற்றுமொரு கணுவுடனும், எதிர்க் கணுவுடனும் அதிர்கிறது. இப்போது காற்றுத் தம்பத்தின் உயரம் $l_2$ எனில்,

$$l_2 + e = 3\lambda / 4 \text{.........ச. 7·2}$$

மேற்கண்ட இரு சமன்பாடுகளிலிருந்தும்

$$l_2 - l_1 = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$$

அதாவது $\lambda = 2(l_2 - l_1)$

இசைக்கவையின் அடுக்கம் $n$ ஆனால் உருவாக்கப்பட்ட ஒலியின் அடுக்கம் $n$ ஆகும்.

எனவே, ஒலியின் வேகம் $(v) = n\lambda$

$$= n_2 \, (l_2 - l_1)$$

அதாவது, $v = 2n\,(l_2 - l_1)$

படம் 7.6

வெவ்வேறு அடுக்கம்கொண்ட இசைக் கவைகளைப் பயன்படுத்திச் சோதனையைத் திருப்பிச் செய்து வேகத்தின் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

| இசைக் கவையின் அடுக்கம் $(n)$ | முதல் ஒத்திசைவு நீளம் $(l_1)$ | இரண்டாம் ஒத்திசைவு நீளம் $(l_2)$ | ஒலியின் வேகம் $v = 2n\,(l_2 - l_1)$ |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | சராசரி வேகம் | |

மேலும், சோதனையிலிருந்து முனைத்திருத்தத்தின் மதிப்பையும் காணலாம்.

ச.7.1ஐ 3 ஆல் பெருக்கினல்

$$3l_1+3e = 3\frac{\lambda}{4} \quad \text{.........................ச. 7.3}$$

ச.7.2, ச. 7.3 ஆகியவற்றிலிருந்து

$$3l_1 - l_2 + 2e = 0$$

அல்லது, $2e = l_2 - 3l_1$

எனவே, $e = \frac{l_2 - 3l_1}{2}$

இவ்வாறு சோதனைமூலம் கணக்கிடப்பட்ட $e$-ன் மதிப்பு குழாயின் விட்டத்தில் 0·38 பகுதியாக இருக்கிறது.

**ஒலியின் வேகமும் வெப்பநிலையும்**

வெப்பநிலை மிகும்போது ஒலியின் வேகமும் மிகுதியாகிறது. காற்றில் ஒலியின் வேகம் மெய்வெப்ப நிலையின் இருமடி மூலத்திற்கு (square root) நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது.

$\theta$°C வெப்பநிலையிலும் 0°C வெப்பநிலையிலும் ஒலியின் வேகம் முறையே $V$, $A_0$ ஆனல்,

$$V = V_o\sqrt{\frac{273+\theta}{273}} = V_0\sqrt{1+\frac{\theta}{273}}$$

அல்லது $V = V_o\left(1 = \frac{\theta}{546}\right)$

ஆகும்.

எனவே, $V$, $\theta$ ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் தெரிந்தால் $V_0$–ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். 0°C வெப்பநிலையில் ஒலியின் வேகம் விஞடிக்கு 331·3 மீட்டர்களாகும்.

**இசை சுரமும் இரைச்சலும் (Musical note and Noise)**

பொதுவாகக் கூறுமிடத்து செவிப்புலனுக்கு இன்பமூட்டும் முறையான, தொடர்ச்சியான எந்த ஒலியும் இசை சுரமாகும். வெறுப்பூட்டுகிற, முறையற்ற, தொடர்ச்சியற்ற எந்த ஒலியும் இரைச்சலாகும். காட்டாக, இசைக்கவை அல்லது இசைக் கருவிகளிலிருந்து வரும் ஒலி இசைசுரமாகும். இடியொலி, புகைவண்டி செல்லும்போது ஏற்படும் ஒலி ஆகியவை இரைச்சலாகும். பௌதிக விதிகளின்படி குறிப்பிட்ட அடுக்கம், வீச்சு முதலிய பண்புகளைக் கொண்டு எந்நிலையிலும் உருவாக்கப்படக்கூடிய ஒலி இசை சுரம் எனப்படும்.

**இசை சுரத்தின் பண்புகள்** (Characteristics of musical note)

இசைசுரத்திற்கு மூன்று பண்புகள் உண்டு. அவை யாவன: 1. சுருதி (pitch) 2. முழக்கம் அல்லது வலிமை (loudness or intensity) 3. ஒலிப்பண்பு (quality or timbre).

1. **சுருதி :** இசை ஒலியின் சுருதி என்பது அதன் கூர்மையைக் குறிக்கும். வீணைக் கம்பியின் நீளத்தைக் குறைத்தாலோ அல்லது இழுவிசையை மிகுதியாக்கினாலோ ஒலியின் கூர்மை மிகுதியாகிறது. ஒலியின் அடுக்கம் மிகுதியாகும்போது அதன் கூர்மை அதாவது சுருதி அதிகமாகிறது.

2. **முழக்கம்:** ஒலியின் முழக்கம் என்பது அது செவிப் பறையில் உண்டாக்கும் விசையைப் பொறுத்ததாகும். ஒலி தோன்றுமிடத்திற்கு அருகில் செல்வோமானால் ஒலியின் முழக்கம் அதிகமாவதைக் காணலாம். மேலும், பொருளானது வலிவுடன் அதிர்வூட்டப்பட்டால் முழக்கம் அதிகமாகிறது. முழக்கம், ஒலி அடுக்கத்தின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்திலும். ஒலி தோன்றுமிடத்திற்கும் கேட்போருக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருக்கிறது.

3. **ஒலிப் பண்பு :** இப் பண்பினாலேயே இரு வேறு இசைக் கருவிகளில் உருவாக்கப்படும் ஒரே அடுக்கம் ஒரே முழக்கம் கொண்ட இரு ஒலிகளை வேறுபடுத்திக் காண முடிகிறது. உண்மையில் இசை ஒலி பல அடுக்கங்கள் கொண்டது. அவற்றுள் குறைந்த மதிப்புள்ளது மூலசுரம் (fundamental note) எனப்படும். மூலசுரம்தான் மிக்க முழக்கம் கொண்டது. மற்ற அடுக்கங்கள் மேற்சுரங்கள் (overtones) எனப்படும். மூலசுர அடுக்கத்தின் முழு எண் பெருக்க மதிப்புக்குச் சமமான அடுக்கத்தையுடைய மேற்சுரங்கள் கிளைச்சுரங்கள் (hormonics) எனப்படும். மேற்சுரங்களின் எண்ணிக்கை, வலிமை, மூலசுரத்துடன் அவற்றின் தொடர்பு ஆகியவை ஒலிப்பண்புக்குக் காரணமாகின்றன.

## வினாக்கள்

1. காற்றில் ஒலி பரவுவதை விளக்குக.

   குறுக்கலைகள், நெட்டலைகள் என்றால் என்ன ?

2. ஒலியின் அலைநீளம், அலை அடுக்கம், வேகம் ஆகியவற்றை விளக்கிக் கூறி அவற்றிற் கிடையேயுள்ள தொடர்பையும் பெறுக.

3. வலிந்த அதிர்வுகள், ஒத்திசைவு ஆகியவற்றை விளக்குக. காற்றில் 0°C வெப்பநிலையில் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

4. இசையொலியின் பண்புகளை விளக்குக.

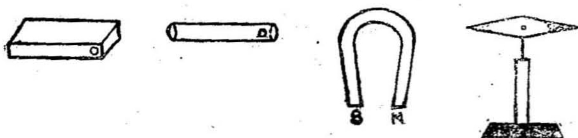
5. அடுக்கம் 512ஐக் கொண்ட ஓர் இசைக்கவையுடன் ஒத்திசைவு நிலையில் இருக்கக்கூடிய காற்றுத்தம்பத்தின் மிகக் குறைந்த நீளத்தைக் கணக்கிடுக (காற்றில் ஒலியின் வேகம் 343·2 மீட்டர்கள்/விநாடி). [16·76 செ.மீ.]

# 8. காந்தவியல்
## (Magnetism)

சிறு எஃகு துண்டு அல்லது இரும்புத் துண்டுகளைக் கவரும் பண்புடைய பொருள் காந்தம் எனப்படும்; அப் பண்பு காந்தப் பண்பு எனப்படும். மேலும், ஒரு காந்தத்தை மெல்லிய நூலினால் தொங்கவிட்டால் அது ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் நிற்கும்.

**இயற்கைக் காந்தமும் செயற்கைக் காந்தங்களும்**

மக்னீசியா என்னுமிடத்தில் சுமார் கி.மு. 600ஆம் ஆண்டிலேயே கருமையானதும், எடைமிக்கதும், கவரும் பண்பினையுடையதுமான பொருள் மிகப் பெருமளவில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அப் பொருள் மாக்னடைட் (magnetite) என்று பெயரிடப்பட்டது. அது ஓர் இரும்பு உலோகத்தாது (iron ore) ஆகும். இதுவே இயற்கைக் காந்தம் ஆகும். நீளமான மாக்னட்டைட் துண்டு ஒன்றை மெல்லிய நூலொன்றால் தொங்கவிட்டால் அது ஏறத்தாழ தெற்கு—வடக்கு திசையிலேயே நின்றது. மேலும், ஒரு முனை எப்போதும் ஒரே திசையை நோக்கியது. இத்தகைய பண்பினை கடற்பயணங்களின்போது திசையை அறிவதற்காக ரோமானியர்கள் பயன்படுத்தினர்.



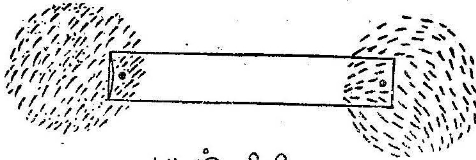

படம் 8.1

ஓர் இரும்பு அல்லது எஃகு துண்டை மாக்னட்டைட் துண்டு ஒன்றுடன் தேய்ப்பதாலோ அல்லது மின்சாரம் பாயும்

ஒரு கம்பிச் சுருளில் வைப்பதாலோ செயற்கைக் காந்தங்களை உருவாக்கலாம். செயற்கைக் காந்தங்கள் பல்வேறு வடிவங்களில் உருவாக்கப்படுகின்றன [படம் 8.1].

**காந்தங்களின் பண்புகள்**

1. **கவரும் பண்பு** (Attractive property): நீளமான காந்தத் துண்டு ஒன்றை இரும்புத் தூளில் அழுத்தி எடுத்தால் துண்டின் இரு முனைகளிலும் தூள்கள் கொத்தாக ஒட்டிக்கொண்



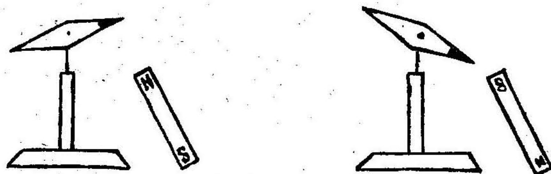
படம் - 8·2

டிருப்பதைக் காணலாம் [படம் 8.2]. அவ்விரு முனைகளும் **காந்தத் துருவங்கள்** (magnetic poles) எனப்படும்.

2. **திசைசுட்டும் பண்பு** (Directive property): மெல்லிய நூலொன்றால் காந்தத்துண்டு ஒன்றை கிடைமட்டமாகத் தொங்கவிட்டால் அது எப்போதும் ஒரே நிலையில் நிற்கும். அதன் காந்த முனைகளில் ஒன்று எப்போதும் வடதிசையை நோக்கியும், மற்றொன்று தென்திசையை நோக்கியும் இருக்கும். வடதிசையை நோக்கும் முனை வடதிசை சுட்டுமுனை அல்லது வடதுருவம் (North pole) என்றும், தென்திசையை நோக்கும் முனை தென்திசை சுட்டுமுனை அல்லது தென்துருவம் (South pole) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

3. **காந்த ஒதுக்கல்** (Magnetic repulsion): கிடைதளத்தில் சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்ட ஒரு காந்த ஊசியை எடுத்துக்கொள்ளவும். அதன் வடதுருவத்திற்கு அருகில் மற்றொரு காந்தத்தின் வடதுருவத்தைக் கொண்டு சென்றால் ஊசியின் வடதுருவம் அப்பால் விலகுவதைக் காணலாம் [படம் 8.3]. ஊசியின் வடதுருவத்திற் கருகில் காந்தத்தின் தென்துருவத்தைக் கொண்டு சென்றால் ஊசியின் வடதுருவம் காந்தத்தை நோக்கி ஈர்க்கப்படும். அதாவது, இரு வட துருவங்கள் ஒன்றையொன்று ஒதுக்கித் தள்ளுகின்றன. ஆனால், ஒரு வடதுருவமும் ஒரு தென்துருவமும் ஒன்றையொன்று கவருகின்றன. இரு தென்துருவங்களும் ஒன்றையொன்று ஒதுக்கித் தள்ளும். அதாவது, இரு ஒத்த துருவங்கள்

ஒன்றையொன்று ஒதுக்கித் தள்ளுகின்றன. ஆனால், மாறுபட்ட துருவங்கள் ஒன்றையொன்று கவருகின்றன. காந்தத்தின்




படம் 8.3

இப் பண்பு ஒரு பொருள் காந்தமா இல்லையா என்பதை அறிவதில் பயன்படுகிறது.

**காந்தத்தை அறிவதற்கான சோதனை:** கிடைதளத்தில் சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்ட காந்த ஊசி ஒன்றை எடுத்துக் கொள்ளவும். இதனைச் சுழல் காந்த ஊசி என அழைப்போம். காந்தமா, இல்லையா என்று ஐயப்படும் இரும்புத் துண்டின் ஒரு முனையை ஊசியின் வடமுனைக்கருகே கொண்டு செல்லவும். ஊசியின் முனை கவரப்படுவதாகக் கொள்வோம். இப்போது இரும்புத் துண்டின் அந்த முனை தென்துருவமாக அமையலாம். எனவே, அது ஒரு காந்தமாக அமையும். மேலும் ஓர் இரும்புத் துண்டும் காந்த ஊசியைக் கவரக் கூடுமாதலால் இரும்புத் துண்டு காந்தமில்லாமலும் இருக்கலாம்.

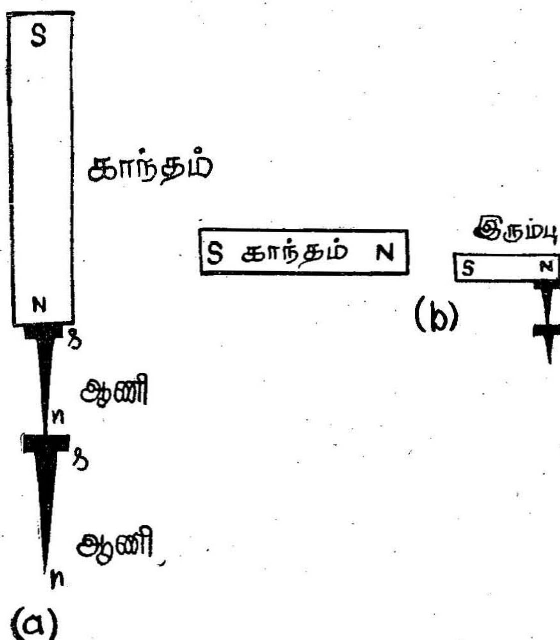
மாறாக, காந்த ஊசியின் வடமுனை ஒதுக்கித் தள்ளப் படுவதாகக் கொள்வோம். இரும்புத்துண்டு காந்தமாக அமைந்து குறிப்பிட்ட அந்த முனை வடமுனையாயிருந்தால் மட்டுமே காந்த ஊசி ஒதுக்கித் தள்ளப்படும். எனவே, இரும்புத் துண்டு ஒரு காந்தமே என்பதை உறுதியாகக் கூறலாம். இவ்வாறாக, காந்த ஒதுக்கல் பண்பு காந்தத்தை அறிய மிகவும் உறுதுணையாகிறது.

**காந்தத் தூண்டல் (Magnetic induction)**

ஓர் இரும்புத் துண்டைக் காந்தத்தின் அருகே வைத்தால் அதுவும் ஒரு காந்தமாகச் செயற்படத் துவங்கும். இவ்வாறு இரும்புத்துண்டு ஒன்றில் காந்தப் பண்பு தூண்டப்படும் நிகழ்ச்சி காந்தத் தூண்டல் எனப்படுகிறது.

செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்ட ஒரு காந்தத்தின் அருகில் ஒரு சிறு ஆணியைக் கொண்டு சென்றால், ஆணி காந்தத்தால்

கவரப்பட்டுக் காந்தத்துடன் ஒட்டிக் கொள்ளும். இப்போது மற்றுமோர் ஆணியை முதலாவது ஆணிக்கருகில் கொண்டு சென்றால் இரண்டாவது ஆணியை முதலாவது ஆணி கவருவதைக் காணலாம். எனவே, இரண்டாவது ஆணி முதலாவதுடன் ஒட்டிக் கொள்ளும் [படம் 8.4*a*]. இது முதல் ஆணி காந்தமாகி விட்டதைக் காட்டுகிறது.



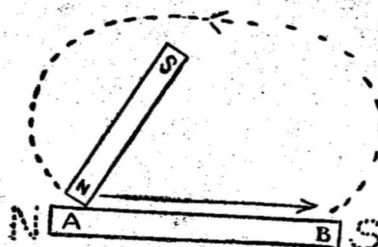

படம் 8.4

இவ்வாறாக, காந்தம் வலிமை மிக்கதாக இருப்பின் நிறைய ஆணிகளை ஒன்றின்கீழ் ஒன்றாகத் தொங்கவிடலாம்.

மேலும், முதல் ஆணிக்குப் பதிலாக ஓர் இரும்புத்துண்டை காந்தத்திற்கு அருகில் அதனைத் தொடாமல் வைத்து, இரும்புத் துண்டிலிருந்தும் ஆணிகளைத் தொங்கவிட முடியும் [படம் 8.4*b*]. இச் சோதனையில் இரும்புத்துண்டு ஒரு காந்தமாக மாறுகிறது. இரும்புத்துண்டின் ஒரு முனை காந்தத்தின் வட துருவத்திற்கு அருகில் இருந்தால் அந்த முனை தென்துருவ மாகவும் மறுமுனை வடதுருவமாகவும் அமையும்.

**காந்தத்தை உருவாக்கும் முறைகள்**

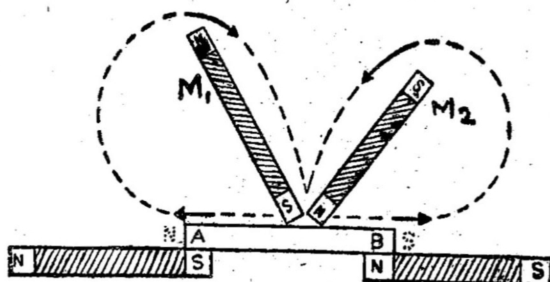
**ஒற்றைக் காந்தமுறை** (Method of single touch): காந்தமாக்கப்பட வேண்டிய இரும்புத் துண்டை ($AB$) மேசைமேல் வைத்து அதன் ஒரு முனை ($A$) யின் மீது வலிமை மிக்க காந்தச் சட்டம் ஒன்றின் வடதுருவம் மட்டும் படுமாறு வைக்கவும். காந்தத் துருவத்தை இரும்புத் துண்டின் மீது அதன் $A$ முனையிலிருந்து $B$ முனைக்கு நகர்த்திச் செல்லவும். $B$ முனையை




படம் 8.5

அடைந்ததும் காந்தத்தை மேலே தூக்கி $A$ முனையில் வைத்து மேற்சொன்னவாறு பல தடவைகள் செய்தால் இரும்புத் துண்டு ஒரு காந்தமாக மாறும். அதனை $A$ முனை வடதுருவமாகவும், $B$ முனை தென்துருவமாகவும் அமையும்.

**இரட்டைக் காந்தமுறை** (Method of double touch) : காந்தமாக்கப்பட வேண்டிய இரும்புத் துண்டை ($AB$) மேசை மீது வைக்கப்பட்ட வலிமை மிக்க இரு காந்தங்களின்மீது பாலம் அமைத்தாற்போல் வைக்கவும் [படம் 8.6]. இரும்புத்

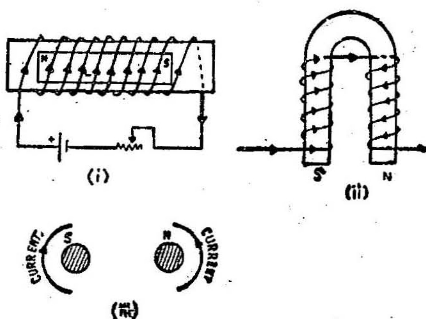



படம் 8.6

துண்டின் ஒரு முனை ($A$) ஒரு காந்தத்தின் வடதுருவத்தின் மீதும், மறுமுனை ($B$) மற்றொரு காந்தத்தின் தென்துருவத்தின் மீதும் இருக்குமாறு வைக்கவும். இனி மற்றுமிரு வலிமை மிக்க காந்தங்களை ($M_1$, $M_2$) அவற்றுள் ஒன்றின் வடதுருவமும் மற்றொன்றின் தென்துருவமும் இரும்புத் துண்டின் மையத்தில் படுமாறு படத்தில் காட்டியவாறு வைக்கவும். இரு காந்தங்

களையும் இரும்புத்துண்டின் இரு முனைகளை நோக்கி அதன்மீது நகர்த்தவும். முனைகளை அடைந்ததும் காந்தங்களை மேலே தூக்கி, திரும்பவும் அவற்றை இரும்புத் துண்டின் மையத்தில் வைத்து மேற்சொன்னவாறு பலமுறைகள் செய்யவும். இதனால் இரும்புத்துண்டு $A$ முனையில் வடதுருவத்தையும், $B$ முனையில் தென்துருவத்தையும் கொண்ட ஒரு காந்தமாக மாறும்.

**மின்சார முறை** (Electrical method): இது ஒரு நவீன முறையாகும். இம் முறையில் காந்தமாக்கப்பட வேண்டிய இரும்புத்துண்டு காப்பிடப்பட்ட (insulated) நீண்ட கம்பிச்சுருள் ஒன்றினுள் வைக்கப்பட்டு, கம்பியின்வழியே வலிமைமிக்க மின்சாரம் செலுத்தப்படுகிறது [படம் 8.7]. இரும்புத்துண்டு




படம் 8.7

U வடிவில் இருந்தால் கம்பிச் சுருள் அதன் ஒரு கரத்தில் வலஞ்சுற்ருகவும், மற்றொன்றில் இடஞ்சுற்ருகவும் இருக்கவேண்டும்.

இரும்புத்துண்டின் ஒரு முனையை நோக்கும்போது கம்பிச் சுருளில் மின்னோட்டம் கடிகாரத் திசையில் இருந்தால் துண்டின் அந்த முனை தென்துருவமாகவும், மின்னோட்டம் கடிகார எதிர்த்திசையில் இருந்தால் துண்டின் அந்த முனை வடதுருவமாகவும் அமையும் [படம் 8.7].

**நிலைகாந்தங்களும் நிலையில்லா காந்தங்களும்** (Permanent and temporary magnets)

செயற்கை காந்தங்கள் நிலைகாந்தங்களாகவும், நிலையிலா காந்தங்களாகவும் இருக்கலாம். தேனிரும்பு, எஃகு, கோபால்ட் (cobalt), நிக்கல் (nickel) போன்ற பொருள்கள்

காந்தத்தால் வலிமையாகக் கவரப்படுகின்றன. அவை காந்தப் பொருள்கள் (magnetic meterials) எனப்படுகின்றன.

அவற்றுள் தேனிரும்பு, எஃகு ஆகிய இரண்டையும் கருதுவோம். இவ்விரு உலோகங்களுக்கான இரு துண்டுகளை மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச் சுருளுக்குள் வைத்தால் தேனிரும்பு எஃகைவிட அதிக அளவிற்குக் காந்தமாகும். ஆனால், மின்னோட்டத்தை நிறுத்திவிட்டாலோ தேனிரும்பு அக்கணமே காந்தப்பண்புகளை இழந்துவிடும். எஃகு, தான் ஏற்ற காந்தப் பண்பை இழக்காமல் இருக்கும். அதாவது, தேனிரும்பு அதிக காந்த ஏற்புத்திறனையும் (susceptibility), எஃகு அதிக காந்தக் காப்புத் திறனையும் (retentivity) கொண்டுள்ளன என்று கூறலாம்.

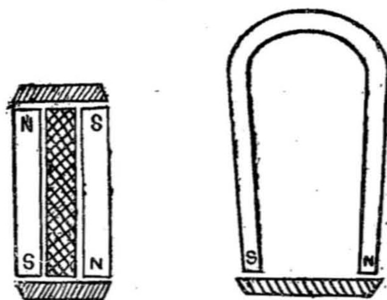
எனவே, தேனிரும்பு நிலையில்லா காந்தங்களைச் செய்வதற்கும், எஃகு நிலைகாந்தங்களைச் செய்வதற்கும் பயன்படுகின்றன. தற்காலங்களில் அலுமினியம், நிக்கல், கோபால்ட், இரும்பு, தாமிரம் ஆகிய உலோகங்களடங்கிய உலோகக் கலவை நிலைகாந்தங்களை உருவாக்கப் பயன்படுத்தப் படுகிறது. இந்த உலோகக் கலவை அல்நிக்கோ (alnico) என அழைக்கப்படுகிறது. இக் கலவையைக் கொண்டு உருவாக்கப் படும் காந்தங்கள் அல்நிக்கோ காந்தங்கள் எனப்படுகின்றன. அல்நிக்கோ காந்தங்கள் எஃகு காந்தங்களைவிட அதிக வலிமை வாய்ந்தவையாக இருக்கின்றன.

### காந்தத்தை அகற்றுதலும் பாதுகாத்தலும்

ஒரு காந்தத்தை இரு துண்டுகளாக உடைத்தால் ஒவ்வொரு துண்டும் ஒரு காந்தமாக அமையும். உடைக்கப் பட்ட இடத்தில் உள்ள முனைகள் எதிர்த்துருவங்களாக அமையும். அத் துண்டுகள் ஒவ்வொன்றையும் மேலும் சிறு துண்டுகளாக்கினால் ஒவ்வொன்றும் ஒரு காந்தமாக அமையும். எனவே, தனித்த வடதுருவத்தையோ, தென் துருவத்தையோ பெறமுடியாது. எனினும், விளக்கத்திற்காக வேண்டி ஆங்காங்கு தனித்த வடதுருவத்தைக் கொள்வோம்.

ஒரு காந்தத்தை முரட்டுத்தனமாகக் கையாள்வதாலும் அதிக வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றுவதாலும் அது காந்தப் பண்புகளை இழந்துவிடுகிறது. மேலும், ஒரு காந்தத்தை மட்டும் தனித்து விட்டிருந்தாலும் நாளடைவில் அது தன் காந்தப் பண்புகளை இழந்துவிடும். ஆகையால், காந்தங்களை

எப்போதும் சோடியாகவே வைக்கவேண்டும். ஒரு சோடியிலுள்ள இரு காந்தங்களின் எதிரெதிர்த் துருவங்கள் ஒன்ருக இருக்கும்படி வைத்து அவற்றைச் சிறு தேனிரும்புத் துண்டுகளால் ஒன்று சேர்க்கவேண்டும் [படம் 8.8]. தேனிரும்புத்




படம் 8.8

துண்டுகள் காந்தத் தூண்டலால் காந்தமாக மாறி முடிவுற்ற காந்தச் சுற்றுகளை உருவாக்குகின்றன. இதனுல் காந்தத் துருவங்கள் தனித்து நிற்பதில்லை யாகையால் காந்தங்கள் காந்தப் பண்புகளை இழப்பதில்லை. இவ்வாறு, காந்தங்களைப் பாதுகாக்கும் தேனிரும்புத் துண்டுகள் காந்தக் காப்புகள் எனப்படும்.

### காந்தத் துருவங்களிடையே செயற்படும் விசை

ஒத்த துருவங்கள் ஒன்றையொன்று ஒதுக்கித் தள்ளும்; மாறுபட்ட துருவங்கள் ஒன்றையொன்று ஈர்க்கும் என முன்னரே கூறினேம். அவ்வாறு துருவங்களிடையே செயற்படும் ஒதுக்குவிசை அல்லது ஈர்ப்புவிசைகளைப் பற்றிய விதி ஒன்று உண்டு. அது எதிர்விகித இருமடி விதி (inverse square law) எனப்படும்.

### எதிர்விகித இருமடி விதி

**இரு காந்தத் துருவங்களிடையே உள்ள ஒதுக்குவிசை அல்லது ஈர்ப்புவிசை, அவற்றின் வலிமைகளின் பெருக்கற் பலனுக்கு நேர்விகிதத்திலும், அவற்றிற் கிடையேயுள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்திலும் உள்ளது.**

$m_1$, $m_2$ அலகுகள் வலிமைகொண்ட இரு துருவங்களைக் காற்றிலோ அல்லது வெற்றிடத்திலோ $d$ செ.மீ இடை

வெளியில் வைப்பதாகக் கொள்வோம். அவற்றிற்கிடையே யுள்ள விசை $F$ என்ருல் எதிர்விகித இருமடி விதிப்படி,

$$F \propto m_1 m_2$$

$$\propto \frac{1}{d^2}$$

அதாவது, $F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$

அல்லது, $F = K \frac{m_1 m_2}{d^2}$; $K$ என்பது ஒரு மாறிலி.

காந்தத்துருவ வலிமையின் அலகு அல்லது ஓரலகு காந்தத்துருவம் $K = 1$ என்று ஆகுமாறு வரையறுக்கப் படுகிறது.

காற்று அல்லது வெற்றிடத்தில் ஒரு சென்டிமீட்டர் தொலைவில் வைக்கப்பட்ட இரு ஒத்த காந்தத்துருவங்களிடையே ஒரு டைன் ஒதுக்குவிசை செயற்படுமானல் அவை ஒவ்வொன்றும் மெட்ரிக் முறையில் ஓரலகு காந்தத் துருவம் ஆகும்.

வரையறையின்படி $m_1 = m_2 =$ ஒரு மெட்ரிக் அலகு

$d = 1$ செ.மீ. ஆயின்,

$F = 1$ டைன் ஆகும்.

எனவே, $1 = \frac{K \times 1 \times 1}{1^2}$

அதாவது, $K = 1$

ஆகவே, $F = \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$ ............ச. 8.1

காந்தத்துருவம் ஒன்றின் வலிமை, அதனின்றும் ஒரு சென்டிமீட்டர் தொலைவில் காற்று அல்லது வெற்றிடத்தில் வைக்கப்பட்ட ஓரலகு வடதுருவம் உணரும் விசையின் எண் மதிப்புக்குச் சமமாகும்.

காந்தத் துருவத்திலிருந்து ஒரு சென்டிமீட்டர் தொலைவில் வைக்கப்பட்ட ஓரலகு வடதுருவம் ஒன்று $m$ டைன்கள் விசையை உணருமாயின், அத் துருவத்தின் வலிமை $m$ மெட்ரிக் அலகுகள் ஆகும்.

வடதுருவத்தை நேர்க்குறியுடையதாகவும், தென் துருவத்தை எதிர்க்குறியுடையதாகவும் கொள்வது மரபு.

**காந்தப்புலம்** (Magnetic field)

ஒரு காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள குறிப்பிட்ட வெளியில் எவ்விடத்திலும் அதன் பலன்களை உணரலாம். காந்தப் பலனை உணரப்படக் கூடிய இத்தகைய வெளியானது **காந்தப் புலம் எனப்படும்.**

**காந்தப்புல வலிமை** (Intensity of magnetic field)

**ஒரு காந்தப்புலத்தில் ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்ட ஓரலகு வடதுருவம்மீது தொழிற்படும் விசையின் எண் மதிப்பு அப் புள்ளியில் காந்தப்புலத்தின் வலிமைக்குச் சம மாகும். காந்தப்புலம் விசையின் திசையில் செயற்படும்.**

காந்தப்புலம் ஒன்றில் வலிமை எங்கும் சமமாக அமைந்து ஒரே திசையில் செயற்படுமாயின் அது சீரான காந்தப்புலம் (uniform magnetic field) எனப்படும்.

காந்தப்புல வலிமையின் மெட்ரிக் அலகு **ஓர்ஸ்ட்டட்** (oersted) அல்லது **காஸ்** (gauss) எனப்படும்.

**காந்தப்புலத்தின் ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்ட ஓரலகு வடதுருவம் மீது செயற்படும் விசை ஓர் டைன் ஆயின் அப் புள்ளியில் காந்தப்புலத்தின் வலிமை ஒரு ஓர்ஸ்ட்டட் எனப் படும். இதனையே காஸ் என்றும் பெயரிட்டிருந்தனர்.**

மேற்கண்ட வரையறையின்படி ஓர் ஓர்ஸ்ட்டட் வலிமை யுள்ள ஒரு காந்தப்புலத்தில் ஓரலகு வடதுருவத்தை வைத் தால் அதன்மீது தொழிற்படும் விசை ஒரு டைன் ஆகும். எனவே, $H$ ஓர்ஸ்ட்டட் வலிமையுள்ள காந்தப்புலத்தில் $m$ அலகு வலிமை கொண்ட ஒரு காந்தத்துருவம் வைக்கப் பட்டால் அதன்மீது

தொழிற்படும் விசை $(F) = m H$ டைன்கள் ஆகும்.

அதாவது, $F = m H$ ............ச. 8.2

**ஒரு காந்தத்தின் இரு துருவங்கள்**

புவிக்காந்தப் புலத்தில் தொங்கவிடப்பட்ட ஒரு காந்தத்தைக் கருதுவோம். அதன் நீளம் தெற்கு வடக்குத் திசையிலிருக்குமாறு அது சமநிலையிலிருக்கும். அதனைச் சிறிது அசைத்துவிட்டாலும் திரும்பவும் அதே நிலைக்கு வந்து நிற்கும்.

கிடை தளத்தில் காந்தப்புலத்தின் வலிமை $H$ அலகு, காந்தத்துருவங்களின் வலிமை $m_1$, $m_2$ அலகுகள் ஆயின், அவற்றின்மீது தொழிற்படும் விசைகள் முறையே $m_1 H$, $m_2 H$ டைன்கள் ஆகும். காந்தம் சமநிலையிலிருப்பதால் இவ்விரு விசைகளும் சமமாக இருப்பதோடு எதிர்த்திசைகளில் செயற்படவேண்டும்.

$$\therefore \quad m_1 H = -m_2 H$$

அல்லது, $m_1 = -m_2$

அதாவது, ஒரு காந்தத்தின் இரு துருவங்களும் சமவலிமை யுடையனவாகவும், ஒன்றுக்கொன்று எதிர்க்குறியுடையன வாகவும் இருக்கின்றன.

ஒரு காந்தத்தின் துருவங்கள் உண்மையில் காந்தத்தின் முனைகளுக்கு (ends) அருகே காந்தப்பண்பு செறிவு மிக்கதாகத் தோன்றும் புள்ளிகளாகும்.

ஒரு காந்தத்தின் துருவங்களை இணைக்கும் நேர்கோடு காந்தத்தின் அச்சு (axis) எனப்படும். இந்த அச்சும் வடிவியல் அச்சும் (geometric axis) ஒன்றாக இருக்கத் தேவையில்லை.

காந்தத்தின் துருவங்கள் வழியாகச் செல்லும் நேர்கோடு காந்தத்தின் அச்சுக்கோடு (axial line) எனப்படும்.

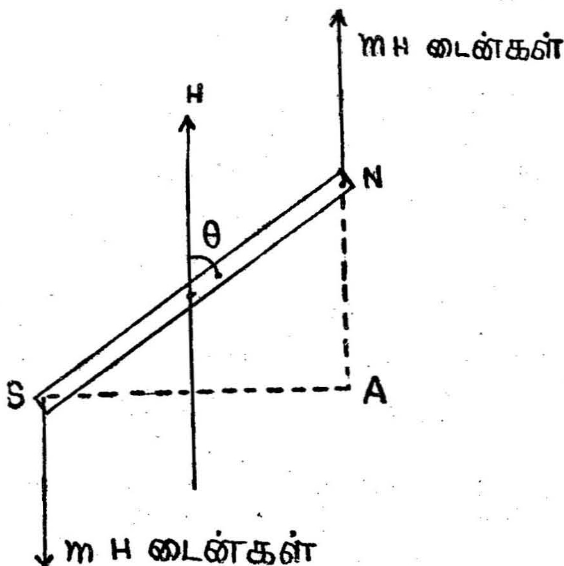
காந்த அச்சின் மையத்தின் வழியே அச்சுக்கு வரையப் படும் குத்துக்கோடு நடுவரைக்கோடு (equatorial line) எனப்படும்.

காந்தம் ஒன்றின் துருவங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு அதன் காந்தநீளம் எனப்படும். துருவங்கள் காந்தத்தின் முனைகளுக்குச் சற்றே உட்புறமாக அமைந்திருப்பதால் காந்த நீளம் வடிவியல் நீளத்தைவிடச் சற்றே குறைவாக இருக்கும். எனினும், ஒரு காந்தத்தின் வடிவியல் நீளத்தையே அதன் காந்தநீளமாகவும் தோராயமாகக் கொள்ளலாம்.

**காந்தத்தின் திருப்புதிறன் (Moment of a magnet)**

$m$ அலகுகள் துருவ வலிமையும், $2l$ செ.மீ. நீளமும் கொண்ட $NS$ என்ற ஒரு காந்தம் $H$ ஓர்ஸ்ட்டடுகள் வலிமை கொண்ட சீரான காந்தப்புலம் ஒன்றில் தொங்குவதாகக்

கொள்வோம் [படம் 8.9]. காந்தத்தின் அச்சுக்கும் காந்தப் புலத் திசைக்கும் இடையேயுள்ள கோணம் $\theta$ எனக்




படம் 8.9

கொள்வோம். இந் நிலையில் காந்தத்தின் வட துருவத்தின்மீது $mH$ டைன்கள் அளவுள்ள விசை காந்தப்புலத் திசையிலும், தென் துருவத்தின் மீது அதே அளவுள்ள விசை காந்தப் புலத்திற்கு எதிர்த்திசையிலும் செயற்படுகின்றன. இவ்விரு விசைகளும் ஓர் இரட்டையை உருவாக்குகின்றன.

இரட்டையின் திருப்புதிறன் $= mH \times$ விசைக்கோடுகளுக்கிடையேயுள்ள நேர்குத்துத் தொலைவு

$$= mH \times SA$$

ஆனால், $SA = NS \sin\theta$

$$= 2l \sin\theta$$

$\therefore$ இரட்டையின் திருப்புதிறன் $= mH \times 2l \sin\theta$

$$= 2l\,mH \sin\theta$$

காந்தத்தின் அச்சு காந்தப்புலத் திசைக்கு நேர்குத்தாக அமைந்தால் $\theta = 90°$ ஆகும். மேலும், காந்தப்புலத்தின் வலிமை ஓர் அலகு, அதாவது, $H = 1$ ஓர்ஸ்ட்டட் என்றால்

இரட்டையின் திருப்புதிறன் $= 2lm$ ஆகும்.

அதாவது, இரட்டையின் திருப்புதிறன்

= காந்தத்தின் நீளம் × துருவ வலிமை

திருப்புதிறனின் இம் மதிப்பு காந்தத்தின் திருப்புதிறன் எனப்படும். அதாவது,

**ஓர் ஓர்ஸ்ட்டட் வலிமையுள்ள சீரான காந்தப்புலம் ஒன்றில் அதன் திசைக்கு அச்சு நேர்குத்தாக அமையுமாறு வைக்கப்பட்ட காந்தத்தின்மீது தொழிற்படும் இரட்டையின் திருப்புதிறன் அக் காந்தத்தின் திருப்புதிறன் எனப்படும். அதன் மதிப்பு காந்தத்தின் நீளம், துருவ வலிமை ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனாகும்.**

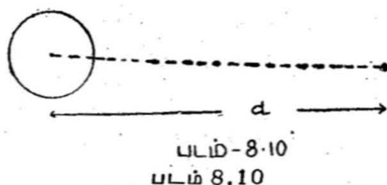
காந்தத்தின் திருப்புதிறனை $M$ எனக் குறித்தால்

$M = 2lm$ மெட்ரிக் அலகுகள் ......... ச.8.3

**தனித்த துருவம் ஒன்றினால் விளையும் காந்தப்புலம்**

$m$ அலகு வலிமையுள்ள ஒரு துருவத்தைக் காற்று அல்லது வெற்றிடத்தில் வைப்பதாகக் கருதுவோம், அதனைச் சுற்றி இருக்கும் காந்தப் புலத்தில் ஒரு புள்ளியில் வலிமையைக் காண, அப் புள்ளியில் ஓரலகு வடதுருவம் ஒன்றை வைத்து அதன்மீது தொழிற்படும் விசையைக் காணவேண்டும்.

துருவத்தினின்றும் $d$ செ.மீ. தொலைவில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் ஓரலகு வடதுருவம் ஒன்றை வைப்பதாகக் கொள்வோம் [படம் 8.10].




படம் 8.10

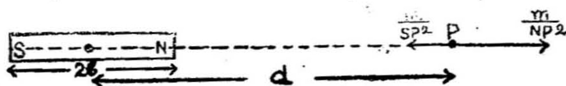
ஓரலகு வடதுருவத்தின்மீது தொழிற்படும் விசை $= \frac{m \times 1}{d^2}$

எனவே, அப் புள்ளியில் புலவலிமை $= \frac{m}{d^2}$ ஓர்ஸ்ட்டட்கள்.

**சட்டக்காந்தம் (bar magnet) ஒன்றின் அச்சுக் கோட்டின் மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் புலவலிமை**

$NS$ என்ற சட்டக்காந்தம் ஒன்றைச் சுற்றியுள்ள காந்தப் புலத்தில் அச்சுக் கோட்டின்மீது காந்தத்தின் மையத்தினின்றும் $d$ செ.மீ. தொலைவில் உள்ள ஒரு புள்ளி ($P$)யைக்

கருதுவோம் [படம் 8.11]. காந்தத்தின் நீளம் $2l$ செ.மீ.,




படம் 8.11

துருவ வலிமை $m$ அலகுகள், திருப்புதிறன் $M$ அலகுகள் எனக் கொள்வோம்.

$P$-ல் ஓரளவு வடதுருவம் ஒன்றை வைப்பதாகக் கருது வோம்.

ஓரலகு வடதுருவத்தின்மீது காந்தத்தின்

வடதுருவம் தொழிற்படுத்தும் ஒதுக்குவிசை $= \dfrac{m}{NP^2}$

தென்துருவம் தொழிற்படுத்தும் ஈர்ப்புவிசை $= \dfrac{m}{SP^2}$

ஒதுக்குவிசை $NP$ திசையிலும் ஈர்ப்புவிசை $PS$ திசையிலும் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசைகளில் தொழிற்படும்.

எனவே, ஓரலகு வடதுருவத்தின்மீது தொழிற்படும் விசை களின் தொகுபயன், அதாவது, $P$-ல் காந்தப்புல வலிமை

$$F = \frac{m}{NP^2} - \frac{m}{SP^2}$$

$$= \frac{m}{(d-l)^2} - \frac{m}{(d+l)^2}$$

$$= \frac{m\,[(d+l)^2 - (d-l)^2]}{(d-l)^2\ (d+l)^2}$$

$$F = \frac{m\,4ld}{(d^2-l^2)^2}$$

$$F = \frac{2Md}{(d^2-l^2)^2}\ [\because\ 2lm = M] \ldots\ldots\ \text{ச. } 8.4$$

புலத்தின் திசை அச்சுக்கோட்டின் $SN$ திசையாகும்.

காந்தம் சிறிதாயிருக்கும்போது $l^2$-ன் மதிப்பு $d^2$-ன் மதிப்பைவிட மிகக் குறைவாக இருக்கும். எனவே, அதனைப் புறக்கணிக்கலாம்.

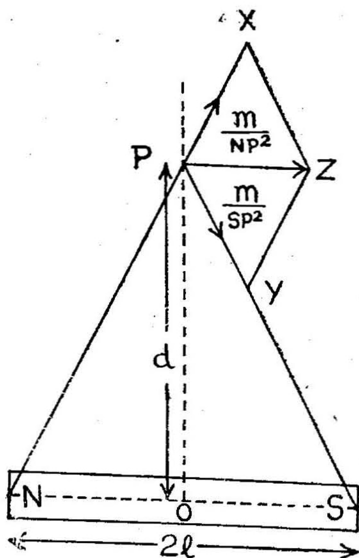
ஆகவே, $$F = \frac{2Md}{d^4\left(1 - \frac{l^2}{2}\right)}$$

$$= \frac{2Md}{d^4}$$

அல்லது, $$F = \frac{2M}{d^3} \text{ ஓர்ஸ்ட்டடுகள்} \quad \ldots\ldots\ldots \quad ச. 8.5$$

**சட்டக் காந்தத்தின் நடுவரைக் கோட்டின்மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புல வலிமை**

$NS$ என்ற காந்தம் ஒன்றின் நடுவரைக் கோட்டின்மீது காந்தத்தின் மையத்தினின்றும் $d$ செ.மீ. தொலேவில் உள்ள $P$ என்ற புள்ளியைக் கருதுவோம் [படம் 8.12]. காந்தத்தின் நீளம் $2l$ செ.மீ., துருவ வலிமை $m$ அலகுகள், திருப்புதிறன் $M$ அலகுகள் ஆக இருக்கட்டும். $P$-ல் ஓரலகு வடதுருவம் ஒன்றை வைப்பதாகக் கருதுவோம்.




படம் 8.12

ஓரலகு வடதுருவம் மீது காந்தத்தின் வடதுருவம் $NP$ திசையில் தொழிற்படுத்தும்.

$$\text{விசை} = \frac{m}{NP^2}$$

தென் துருவம் $PS$ திசையில் தொழிற்படுத்தும் விசை

$$= \frac{m}{SP^2}$$

ஓரலகு வடதுருவத்தின் மீது செயற்படும் இவ்விரு விசைகளின் தொகுபயனை விசைகளின் இணைகர விதிப்படி காணலாம். இவ்விரு விசைகளைத் தக்க அளவுத்திட்டம் ஒன்றில் குறிக்கும் வகையில் $NP$, $PS$ திசைகளில் முறையே $PX$, $PY$ என்ற தொலைவுகளை $P$-யிலிருந்து குறித்து, $PXZY$ என்ற இணைகரத்தை வரையவும். இணைகரத்தின் $PZ$ என்ற மூலைவிட்டத்தின் நீளம், திசை ஆகியவை முறையே தொகுபயனின் மதிப்பையும் திசையையும் குறிக்கும்.

$NP = SP$ ஆதலால், $\frac{m}{NP^2} = \frac{m}{SP^2}$ ஆகும். எனவே, $PX$-ம் $PY$-ம் சமமாய் அமைந்து இணைகரம் ஒரு சாய்வு சதுரமாய் அமையும்.

$PXY$, $NPS$ ஆகிய முக்கோணங்களில் $XZ$, $PY$ ஆகியவை இணைகோடுகளாதலால்,

$$P\hat{X}Z = N\hat{P}S$$

மேலும் இரு முக்கோணங்களும் இரு சமபக்க முக்கோணங்கள்.

எனவே, $$X\hat{P}Z = P\hat{N}S$$
$$X\hat{Z}P = P\hat{S}N$$

ஆகையால், அவையிரண்டும் ஒத்த முக்கோணங்களாகும்.

$\therefore$ $PZ$, $NS$ ஆகியவை இணைகோடுகளாகும்.

மேலும் $$\frac{PZ}{PX} = \frac{NS}{NP}$$

அல்லது $$PZ = \frac{NS}{NP} \times PX$$

ஆனல், $$NS = 2l,\ PX = \frac{m}{NP^2}$$

$$NP^2 = NO^2 + OP^2$$
$$= (l^2 + d^2)$$

அல்லது $$NP = (d^2 + l^2)^{1/2}$$

$$\therefore \quad PZ = \frac{2lm}{NP^3}$$
$$= \frac{2lm}{(d^2 + l^2)^{3/2}}$$
$$= \frac{M}{(d^2 + l^2)^{3/2}} \qquad [\because \ M = 2lm]$$

எனவே, $P$-ல் காந்தப் புலம் $F =$

$$\frac{M}{(d^2 + l^2)^{3/2}} \text{ ஓர்ஸ்ட்டடுகள்} \qquad \text{.........ச.8.6}$$

காந்தம் சிறியதாயிருப்பின் $F = \frac{M}{(d^2)^{3/2}}$

$\left( \because \frac{l^2}{d^2} \text{ மிகச் சிறியது} \right)$

அதாவது $$F = \frac{M}{d^3} \text{ ஓர்ஸ்ட்டடுகள்} \qquad \text{...........ச.8.7}$$

புலம் காந்தத்தின் அச்சுக்கு இணையாக *NS* திசையில் செயற்படும்.

காந்தம் சிறியதாயிருப்பின் அதன் அச்சுக்கோட்டின் மீது ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவிலுள்ள புள்ளியில் காந்த வலிமை, அக் காந்தத்தின் நடுவரைக் கோட்டின்மீது அதே தொலைவிலுள்ள புள்ளியிலுள்ளதைப்போல் இரு மடங்காகும்.

**புவிக் காந்தப் புலம்** (Earth's magnetic field)

காந்தத்தின் திசைச்சுட்டும் பண்புக்குப் பல காரணங்களை விஞ்ஞானிகள் கூறியபோதும், அவற்றுள் மிகப் பொருத்த மானதாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டிருப்பது புவிக் காந்தப்புலக் கோட்பாடாகும். இக் கோட்பாட்டின்படி இந் நிலவுலகம் ஒரு பெரும் காந்தமாகக் கருதப்படுகிறது. இப் புவிக் காந்தத்தின் வட துருவம் புவியியல் தென் துருவத்திற்கு (geographical south) அருகிலும், தென் துருவம் புவியியல் வட துருவத்திற்கு அருகிலும் அமைந்திருக்கின்றன.

**புவியின்மீது** ஓரிடத்தின் வழியாகவும், புவியியல் வட தென் துருவங்களின் வழியாகவும் செல்லுமாறு அமைந்த ஒரு செங்குத்துத் தளம் அவ்விடத்தில் **புவியியல் துருவத் தளம்** (geographic meridian) எனப்படும்.

புவியின் மீது ஓரிடத்தின் வழியாகவும், புவிக் காந்த வட, தென் துருவங்களின் வழியாகவும் செல்லுமாறு அமைந்த ஒரு செங்குத்துத் தளம் அவ்விடத்தில் **காந்த துருவத்தளம்** (magnetic meridian) எனப்படும்.

ஓரிடத்தில் நூலொன்றால் தொங்கவிடப்பட்ட ஒரு காந்தம் அல்லது ஒரு சுழல் காந்த ஊசியின் அச்சின் வழிச் செல்லும் செங்குத்துத் தளம் அவ்விடத்தில் காந்த துருவத் தளம் எனவும் கூறலாம்.

**புவிக் காந்த மூலங்கள்** (Elements of Earth's magnetic field)

பொதுவாக, ஒரு காந்தப்புலத்திற்கு ஓர் அளவும் திசையும் உண்டு என்பதை நாமறிவோம். புவிக் காந்தப் புலத்தின் அளவு, திசை ஆகியவற்றைப் பற்றிய உண்மை களைப் புவிக் காந்த மூலங்கள் தருகின்றன.

**காந்த ஒதுக்கம்** (Declination)

ஓரிடத்தில், புவியியல் துருவத்தளத்திற்கும் காந்த துருவத்தளத்திற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் அவ்விடத்தில் காந்த ஒதுக்கம் எனப்படும்.

**புவிக் காந்தப்புல முழு வலிமை** (Total intensity of earth's field)

புவியின் ஓரிடத்தில் உள்ள காந்தப்புலத்தின் வலிமை அவ்விடத்தில் புவிக் காந்தப்புல முழு வலிமை எனப்படும். இதன் திசை வழக்கமாகக் கிடைத் தளத்திற்குச் சற்றுச் சாய்ந்தே இருக்கும்.

**காந்தச் சரிவு** (Dip)

ஓரிடத்தில் புவிக் காந்தப் புலத் திசை கிடைத் தளத்துடன் அமைக்கும் கோணம் காந்தச் சரிவு எனப்படும்.

**புவிக் காந்தப்புலக் கிடைத்தள வலிமை** (Horizontal intensity of earth's magnetic field)

புவிக் காந்தப் புலம் கிடைத் தளத்திற்குச் சற்றே சரிந்த திசையில் செயற்படுவதால் அதனைக் கிடைத்தளத்திலும் செங்குத்துத் தளத்திலுமாக இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். ஓரிடத்தில் புவிக் காந்தப்புல வலிமையின் கிடைத் தளக் கூறு புவிக் காந்தப் புலக் கிடைத்தள வலிமை எனப் படும்.

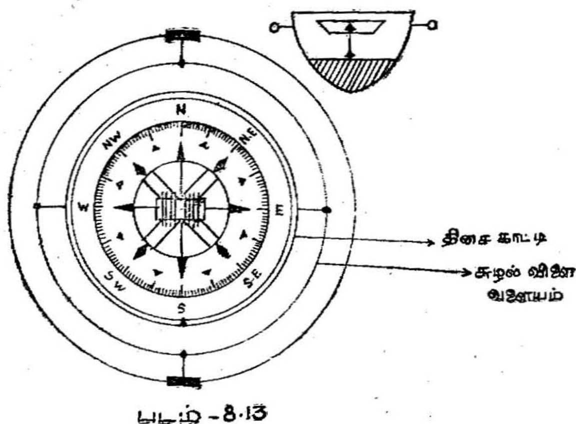
காந்த ஒதுக்கம், சரிவு, கிடைத்தள வலிமை ஆகிய மூன்றும் புவிக் காந்த மூலங்கள் ஆகும். ஓரிடத்தில் இவற்றின் மதிப்பு களைக் கொண்டு புவிக் காந்தப் புலத்தின் மதிப்பு, திசை ஆகியவற்றை அறியலாம்.

**மாலுமியின் திசை காட்டி** (Mariner's compass)

இது கிடைத்தளத்தில் சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்ட காந்த ஊசியின் திசைச் சுட்டும் பண்பினை அடிப்படையாகக் கொண்டது; கடற் பயணங்களின்போது திசையை அறிய மிகவும் பயன்படுகிறது.

இதில் அலுமினியம் அல்லது மைக்காவினால் ஆன ஒரு வட்டமான தகட்டினடியில் எட்டு காந்த ஊசிகள் சரி

சீரமைவாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. காந்தங்களின் அச்சுகள் இணையாக இருக்கும்படியும் ஒத்த இயல்புடைய துருவங்கள் ஒரே திசையை நோக்கும்படியும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. தகட்டின் மேற் பரப்பில் திசைகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. தட்டு, அரைக்கோள வடிவமுள்ள உலோகப் பெட்டி ஒன்றினுள் கிடைத்தளத்தில் சுழலும்படி ஒரு சுழல் முனையில் சமநிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது [படம் 8.13].




படம் 8.13

தட்டின் விளிம்பிற்கு அருகில் இருக்குமாறு ஒரு சுட்டுமுள் (index) உள்ளது. சுட்டு முள்ளின் நீளம் கப்பலின் நீளத்திற்கு இணையாக இருக்குமாறு திசைகாட்டி கப்பலில் பொருத்தப்படும். எனவே, கப்பல் செல்லும் திசையை நேரடியாகத் தெரிந்து கொள்ளலாம். மேலும், கப்பலின் அசைவினால் பாதிக்கப்படாமல் இருப்பதற்காக அரைக்கோள வடிவமுள்ள பெட்டி சுழல் வினைமுனைகளில் (gymbals) பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

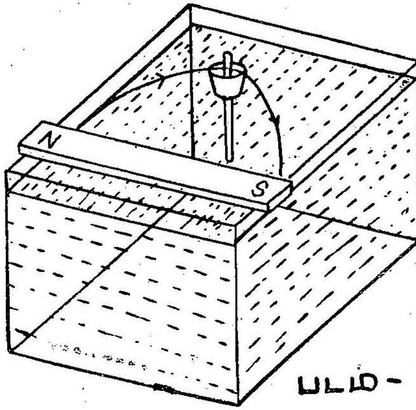
**காந்த விசைக் கோடுகள்** (Magnetic lines of force)

தானே நகரக்கூடிய தனித்த வட துருவம் ஒன்றைக் காந்தப் புலம் ஒன்றில் வைக்கும்போது அது செல்லும் பாதையைக் குறிக்கும் கோடு காந்த விசைக்கோடு எனப்படும். காந்த விசைக் கோட்டின் ஒரு புள்ளியில் அதற்கு வரையப்படும் தொடுகோட்டின் திசை அப் புள்ளியில் காந்தப் புலத்தின் திசையைக் குறிக்கும்.

நீண்ட காந்த ஊசி ஒன்றை அதன் வட துருவம் சற்றே நீட்டிக் கொண்டிருக்குமாறு ஒரு தக்கையில் செருகவும்.

இத்தகைய அமைப்பைச் செவ்வகத் தொட்டி ஒன்றிலுள்ள நீரில் மிதக்கவிட்டால் காந்த ஊசியின் வடதுருவம் நீருக்கு மேலிருக்குமாறு செங்குத்தாக மிதக்கும். இது ஏறத்தாழ ஒரு தனித்த வடமுனைக்குச் சமமாகும். தொட்டியின் குறுக்காக ஒரு வலிமைமிக்க காந்தத்தை வைக்கவும்.

இப்போது காந்த ஊசியின் வடதுருவத்தைக் காந்தத்தின் வடதுருவத்தினருகில் வைத்து விட்டு விட்டால் படம் 8.14-ல்



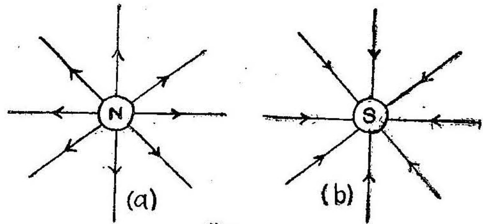

படம் - 8.14

காணுமாறு நகர்ந்து காந்தத்தின் தென் துருவத்தை அடையும். அது செல்லும் பாதையைக் குறிக்கும் வளைகோடு காந்த விசைக் கோடு ஆகும். வடதுருவத்திற்கருகில் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் காந்த ஊசியின் வடதுருவத்தை வைத்தால் அது வெவ்வேறு பாதைகளில் சென்று பல காந்த விசைக் கோடுகளைக் கொடுக்கும்.

இனி, சில காந்தப் புலங்களில் காந்த விசைக் கோடுகளின் இயல்புகளைக் காண்போம்.

**தனித்த துருவங்களின் காந்தப் புலங்கள்:**

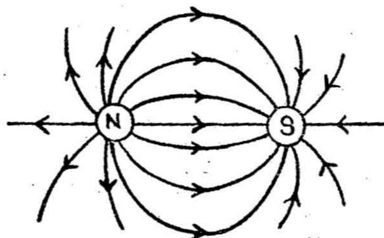
தனித்த துருவம் வட துருவமாயின் (N) விசைக் கோடுகள் அதனின்றும் விரிகின்றன [படம் 8.15$a$];




படம் - 8.15

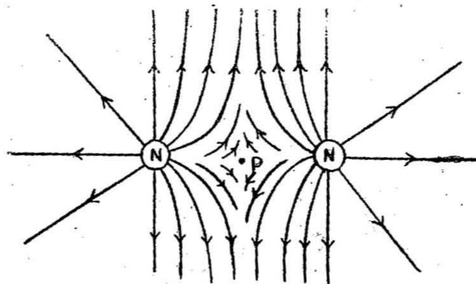
தென் துருவமாயின் விசைக்கோடுகள் அதனை நோக்கிக் குவிகின்றன [படம் 8·15b].

மாறுபட்ட இயல்புடைய இரு துருவங்களினால் விளையும் காந்தப் புலத்தின் விசைக்கோடுகளைப் படம் 8.16-ல் காணலாம்.




படம் 8.16

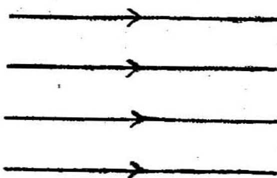
ஒத்த இயல்புடைய இரு துருவங்களினால் விளையும் காந்தப் புலத்தின் விசைக்கோடுகளைப் படம் 8.17–ல் காணலாம்.




படம்-8·17

படத்தில் P என்ற புள்ளியில் காந்த விசைக் கோடுகள் எதுவும் செல்லாதிருப்பதைக் காணலாம். அப் புள்ளியில் இரு துருவங்களினால் விளையும் காந்தப் புலங்களின் வலிமை சமமாக அமைவதோடு அவை எதிர்த் திசைகளில் செயற் படுகின்றன. எனவே, அப் புள்ளியில் காந்தப் புலத்தின் தொகுபயன் வலிமை சுழியாகும். ஒரு காந்தப் புலத்தில் அத்தகைய புள்ளியை சுழி வலிமைப் புள்ளி (neutral point) என்று அழைக்கிறோம்.

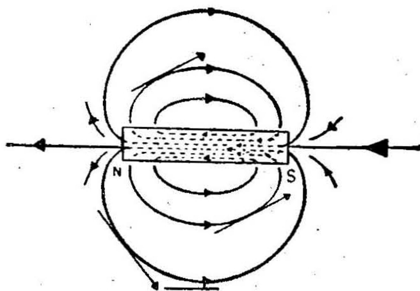
சீரான காந்தப் புலத்தில் விசைக்கோடுகள் இணை கோடுகளாக இருக்கும் [படம் 8.18].



படம்-8·18

படம் 8.18

படம் 8.19 ஒரு சட்டக் காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள காந்தப் புலத்தில் விசைக்கோடுகளின் அமைப்பைக் காட்டுகிறது.




படம் 8 19

**காந்த விசைக் கோடுகளின் இயல்புகள்**

மேற்கூறிய எடுத்துக் காட்டுகளிலிருந்து காந்தவிசைக் கோடுகளின் இயல்புகளை அறியலாம். அவை பின்வருமாறு:

1. காந்த விசைக் கோடுகள் எப்போதும் வடதுருவத்திலிருந்து புறப்பட்டுத் தென் துருவத்தை வந்தடைகின்றன.

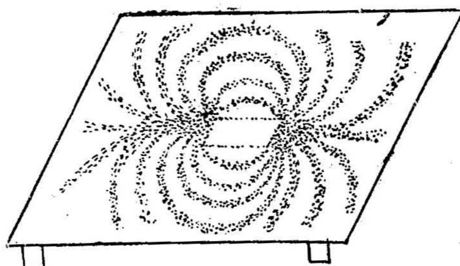
2. காந்தத் துருவங்களின் அருகில் கோடுகள் நெருக்கமாக இருப்பதைக் காணலாம். இது வலிமைமிக்க காந்தப் புலங்களில் காந்த விசைக் கோடுகள் நெருக்கமாக இருக்கும் என்பதைக் குறிக்கிறது.

3. காந்த விசைக்கோடுகள் ஒருபோதும் ஒன்றையொன்று வெட்டிக்கொள்வதில்லை. அவ்வாறு ஒரு புள்ளியில் வெட்டிக்கொள்ளுமாயின் அப்புள்ளியில் காந்தப்புல வலிமை இரு திசைகளைக் கொண்டிருக்கும். இது இயலாததொன்றாகும்.

**காந்தப் புலப் படம்** (Map of magnetic field)

ஒரு காந்தப்புலத்தின் பல விசைக்கோடுகளைக் கொண்ட படம் காந்தப் புலப்படம் எனப்படும்.

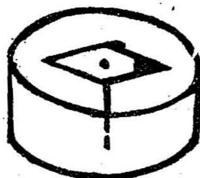
ஒரு காந்தப் புலத்தின் விசைக்கோடுகளின் அமைப்பை இரும்புத்தூளைக் கொண்டு பெறலாம். காட்டாக, ஒரு காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள புலத்தின் விசைக்கோடுகளின் அமைப்பைப் பெற வேண்டியிருப்பதாகக் கொள்வோம். காந்தத்தின் மீது ஒரு மெல்லிய அட்டை அல்லது கண்ணாடித் தகட்டை வைத்து அதன் மீது இரும்புத் தூளைத் தூவவும். இப்போது கண்ணாடித் தகட்டை லேசாகத் தட்டினால் இரும்புத்தூள் காந்தவிசைக் கோடுகளில் குவிந்து காந்தப் புலத்தின் நயமில்லாத (rough) படத்தைத் தருகிறது [படம் 8.20].



படம் - 8·20

படம் 8.20

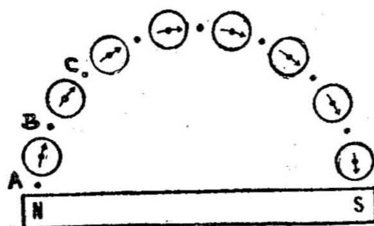
மேற்கண்ட முறையேயன்றி நுட்பமான முறை ஒன்றும் உண்டு. இம் முறையில் சிறிய சுழல் காந்த ஊசி ஒன்றைப் பயன்படுத்துகிறோம். அதன் அமைப்பைப் படம் 8.21-ல் காணலாம். இதில் கிடைத் தளத்தில் சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்ட ஒரு சிறு காந்த ஊசி உள்ளது. ஊசி, அலுமினியம் அல்லது பித்தளையாலான சிறிய வட்ட வடிவப் பெட்டியினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பெட்டியின் மேல் பகுதி கண்ணாடியாலானது.



படம் 8.21

இனி, இதனைக் கொண்டு ஒரு காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள காந்தப் புலத்தின் விசைக் கோடுகளை எவ்வாறு வரைவது என்று காண்போம்.

காந்தத்தைக் கிடைத்தளத்தில் பொருத்தப்பட்ட ஒரு காகிதத்தின் மீது வைத்து அதன் வடதுருவத்திற்கு அருகில் $A$ என்ற ஒரு புள்ளியை எடுத்துக் கொள்ளவும் [படம் 8.22].




படம் 8.22

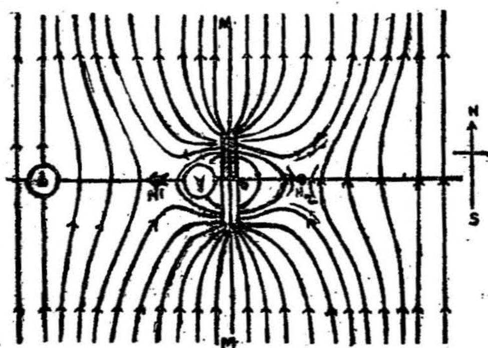
சுழல் காந்த ஊசியை அதன் தென்துருவம் $A$-க்கு நேராக இருக்கும்படி வைத்து அதன் வடதுருவத்தின் நிலையை $B$ என்ற புள்ளியால் குறிக்கவும். பின்னர் சுழல் காந்த ஊசியை அதன் தென்துருவம் $B$-க்கு நேராக இருக்கும்படி வைத்து வடதுருவத்தின் நிலையை $C$ என்ற புள்ளியால் குறிக்கவும். இவ்வாறாக காந்தத்தின் தென்துருவத்தை அடையும் வரை காந்த ஊசியின் வடதுருவத்தின் நிலைகளைக் குறிக்கவும். அந் நிலைகளை இணைக்கும் கோடு காந்தவிசைக் கோடு ஆகும். காந்தத்தின் வடதுருவத்தின் அருகில் பல புள்ளிகளிலிருந்து தொடங்கி மேற்கூறியவாறு பல விசைக் கோடுகளை வரையலாம்.

**காந்தத் துருவத்தளத்தில் அதன் அச்சு அமையுமாறு வைக்கப்பட்ட சட்டக்காந்தம், புவிக்காந்தம் ஆகியவற்றின் கூட்டுக் காந்தப்புலத்தின் படத்தை வரைதல்**

(*a*) **காந்தத்தின் வடதுருவம் வடதிசையை நோக்குதல்:** கிடைத்தளத்தில் வைக்கப்பட்ட ஒரு வரைபலகையின் மீது ஒரு காகிதத்தைப் பொருத்தவும். காந்தங்கள், காந்தப் பொருள்கள் (magnetic substances) ஆகியவற்றை அப்புறப்படுத்தியபின் காகிதத்தின் நடுவில் ஒரு சுழல் காந்தஊசியை வைத்து அதன் இரு துருவங்களின் நிலைகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும். அடுத்து, காந்த ஊசியை நகர்த்தி அதன் தென் துருவம், வடதுருவத்தின் பழைய நிலையைக் குறிக்கும் புள்ளிக்கு நேராக இருக்கும்படி வைத்து, வடதுருவத்தின் புதிய நிலையைக் குறிக்கவும். இவ்வாறுகப் பல புள்ளிகளைக் குறித்து அவைகளை ஒரு நேர்கோட்டால் இணைக்கவும். இக்

கோடு காந்த துருவத்தளத்தினைக் குறிக்கும். காந்த துருவ தளத்தைக் குறித்த பின் காகிதத்தை நகர்த்தக் கூடாது.

இனி காந்தத்தை அதன் அச்சு காந்த துருவத்தளத்தின் மீது அமையுமாறும் அதன் வடதுருவம் வடதிசை நோக்கு மாறும் காகிதத்தின் நடுவில் வைக்கவும். காந்தத்தின் துருவங் களின் அருகிலும் காகிதத்தில் மற்றும் பல இடங்களிலும் தொடங்கி காந்தவிசைக் கோடுகளை வரையவும். விசைக் கோடுகளின் அமைப்பு படம் 8.23-ல் உள்ளதுபோல இருக்கும்.




படம் 8.23

காந்தப்புலப் படத்தில் காந்தத்தின் இரு பக்கங்களிலும் அதன் நடுவரைக் கோட்டின்மீது $N_1N_2$ என்ற புள்ளிகளில் காந்தவிசைக் கோடுகள் செல்லாதிருப்பதைக் காணலாம். அப் புள்ளிகளில் காந்தத்தினால் விளையும் காந்தப்புலத்தின் வலிமையும், புவிக்காந்தப்புலக் கிடைத்தள வலிமையும் சம மாக அமைந்து எதிர்த்திசைகளில் செயற்படுகின்றன. எனவே, அப்புள்ளிகளில் தொகு பயன் வலிமை சுழியாகும். அவை சுழி வலிமைப் புள்ளிகள் எனப்படும். மேலும், அப்புள்ளிகள் காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து சமதொலைவுகளில் அமைந் திருக்கும்.

சுழி வலிமைப் புள்ளிகளின் நிலையைப் பின்வருமாறு காண லாம் : நடு வரைக் கோட்டின்மீது ஒரு சுழல் காந்த ஊசியைக் காந்தத்தின் அருகிலிருந்து நகர்த்திச் சென்றால் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் காந்த ஊசி நடுவரைக்கோட்டிற்கு இணை யாக நிற்கும். மேலும், அந் நிலையில் காந்த ஊசியை எத் திசையை நோக்கி வைத்தாலும் அத்திசையிலேயே நிற்கும்.

இப்போது நடுவரைக் கோட்டின்மீது காந்த ஊசியின் நிலையைக் குறிக்கும் புள்ளி சுழி வலிமைப் புள்ளியாகும்.

சுழிவலிமைப் புள்ளிகளைக் குறித்தபின் அவற்றிற்கிடையே யுள்ள தொலைவை அளவிடவும். அதனை $2d$ எனக் கொள்வோமாயின் ஒவ்வொரு புள்ளியும் காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து $d$ செ.மீ. தொலைவில் இருக்கும். சுழிவலிமைப்புள்ளி நடுவரைக் கோட்டின்மீது இருப்பதால் அப் புள்ளியில் காந்தத்தினுல் விளையும் காந்தப்புல வலிமை $\frac{M}{(d^2+l^2)^{3/2}}$ ஆகும். புவிக் காந்தப்புல கிடைத்தள வலிமை $H$ என்ருல்,

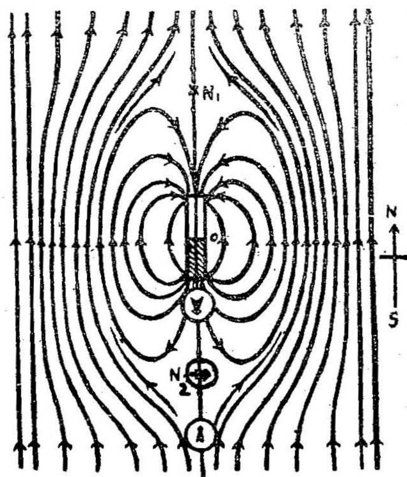
$$\frac{M}{(d^2+l^2)^{3/2}} = H$$

எனவே, $H$-ன் மதிப்பை அறிந்து, $M$-ன் மதிப்பை அதாவது காந்தத்தின் திருப்புதிறனைக் கணக்கிடலாம்.

காந்தம் சிறியதாகக் கருதப்படின்

$$\frac{M}{d^3} = H \text{ ஆகும்.}$$

($b$) **காந்தத்தின் வடதுருவம் தென்திசையை நோக்குதல்:** வரைபலகையின் மீது ஒரு காகிதத்தைக் கிடைத்




படம் 8.24

தளத்தில் பொருத்தி அதன்மீது முன்னர் கூறப்பட்டவாறு காந்த துருவத்தளத்தினை வரையவும். காந்தத்தை அதன்

அச்சு காந்த துருவத்தளத்தில் அமையுமாறும், அதன் வட துருவம் தென்திசையை நோக்குமாறும் வைத்து மேற்சொன்ன சோதனையிலுள்ளவாறே காந்தவிசைக் கோடுகளை வரையவும். காந்தப் படத்தின் அமைப்பு படம் 8.24-ல் உள்ளதுபோல் இருக்கும்.

இச் சோதனையில் காந்தத்துருவத் தளத்தில் அதாவது, காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டின்மீது காந்தத்தின் இரு புறங்களிலும் $N_1$, $N_2$ என்ற புள்ளிகளின் வழியாகக் காந்தவிசைக் கோடுகள் செல்லாதிருப்பதைக் காணலாம். அவை சுழி வலிமைப் புள்ளிகளாகும். அப் புள்ளிகளில் புவிக்காந்தப்புல கிடைத்தள வலிமையும், காந்தம் விளைவிக்கும் புல வலிமையும் சமமாகவும் எதிர்த் திசைகளிலும் செயற்படுகின்றன.

சுழிவலிமைப் புள்ளியைக் காணச் சுழல்காந்த ஊசியைக் காந்ததுருவத்தளத்தில் காந்தத்தின் அருகிலிருந்து நகர்த்திச் சென்றால் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் காந்த ஊசி காந்த துருவத்தளத்திற்குக் குறுக்காக நிற்கும். அப் புள்ளியே சுழி வலிமைப் புள்ளியாகும்.

காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து சுழிவலிமைப் புள்ளிகளின் தொலைவு $d$ எனின், அப் புள்ளிகளில் காந்தம் விளைவிக்கும் காந்தப்புல வலிமை $= \dfrac{2\,Md}{(d^2-l^2)^2}$ ஆகும்.

எனவே, $\dfrac{2\,Md}{(d^2-l^2)^2} = H$ ஆகும்.

காந்தம் சிறியதாகக் கருதப்படின்

$$\frac{2\,M}{d^3} = H \text{ ஆகும்.}$$

ஆகவே, சுழிவலிமைப் புள்ளிகளைக் காணின் $H$-ன் மதிப்பை அறிந்து, $M$-ன் மதிப்பை, அதாவது, காந்தத்தின் திருப்பு திறனைக் கணக்கிடலாம்.

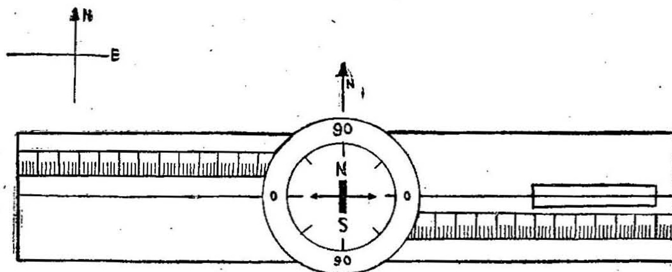
மேலும், காந்தத்தின் நீளம் $2l$, துருவ வலிமை $m$ அலகுகள் எனக் கொள்வோமானால், $M = 2l.\,m$.

எனவே, மேற்சொன்ன இரு சோதனைகளிலும் $M$-ன் மதிப்பைக் கண்டறிந்த பிறகு $m$-ன் மதிப்பையும் கணக்கிடலாம்.

**விலகு காந்தமானி** (Deflection magnetometer)

விலகு காந்தமானியின் அமைப்பைப் படம் 8.25-ல் காணலாம். இதில் வட்டவடிவப் பெட்டி ஒன்று நீண்ட மரப்பலகை

ஒன்றின் நடுவில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அலுமினியம் அல்லது பித்தளையாலான வட்டவடிவப் பெட்டியினுள் பாகை அளவுகள் குறிக்கப்பட்ட வட்ட அளவுகோல் ஒன்று உள்ளது. அளவுகோலின் மையத்தில் உள்ள சுழல்தானத்தில் சுழல் காந்தஊசி ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. வட்டஅளவுகோல்



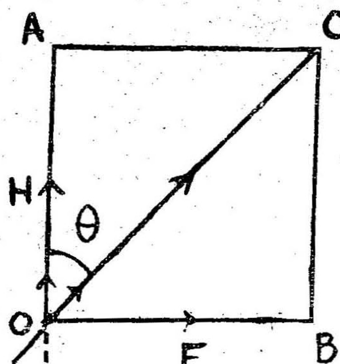

படம் 8.25

கால்வட்டங்களாகப் (qudarants) பிரிக்கப்பட்டு ஒவ்வொரு கால்வட்டத்திலும் சுழி முதல் 90 பாகைவரை அளவுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. 0–0 குறியீடுகளை இணைக்கும் நேர் கோடும், 90-90 குறியீடுகளை இணைக்கும் நேர்கோடும் ஒன்றுக் கொன்று நேர்குத்தாயுள்ளன. காந்தஊசியின் நீளத்திற்குச் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்ட அலுமினியக் குறிமுள்ளின் இரு முனைகள் வட்ட அளவுகோலின்மீது அசைகின்றன. காட்சிப் பதிவுகளின்போது இடமாறு தோற்றப்பிழையைத் தவிர்க்க வட்டவடிவப் பெட்டியின் அடித்தளத்தில் ஒரு சமதள ஆடி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. வட்டவடிவப் பெட்டியைக் காந்தஊசிப் பெட்டி (compass box) என அழைக்கலாம். கண், குறிமுள், ஆடியில் குறிமுள்ளின் பிம்பம் ஆகிய மூன்றும் ஒரு நேர்கோட்டில் அமையுமாறு வைத்துக் காட்சிப்பதிவுகள் செய்யவேண்டும். காந்த ஊசிப் பெட்டியின் இருபுறங்களிலும் மரப்பலகையின்மீது இரு அளவுகோல்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. அளவு கோல்களின் சுழிமுனைகள் காந்த ஊசியின் சுழல்தானத்தோடு பொருந்துகின்றன. மரப்பலகையின் இரு பகுதிகளும் அவற் றுடன் பொருத்தப்பட்ட அளவுகோல்களும் விலகுகாந்த மானியின் புயங்களென அழைக்கப்படுகின்றன.

### விலகுகாந்தமானியின் தத்துவம்

காந்தங்களோ, காந்தப் பொருள்களோ அருகில் இல்லாத போது காந்தமானியின் காந்த ஊசி, புவிக் காந்தப்புல கிடை

தளவலிமை ($H$) செயற்படும் காந்தத்துருவத்தளத்தில் நிற்கும். இப்போது $H$-ன் திசைக்கு நேர்குத்துத் திசையில் $F$ அலகுகள் வலிமையுள்ள மற்றுமொரு காந்தப்புலம் உருவாக்கப்பட்டால் $H$, $F$ ஆகியவற்றின் தொகுபயன் திசையில் காந்த ஊசி விலகும். காந்த ஊசியின் விலக்கம் $\theta$ எனக் கொள்வோம்.



படம் 8.26

படம் 8.26-ல் $OA$, $H$-ன் மதிப்பையும், $OB$, $F$-ன் மதிப்பையும் குறிப்பதாகக் கொள்வோம். அவ்விரு வலிமைகளின் தொகுபயனை விசைகளின் இணைகர விதியின் அடிப்படையில் பின்வருமாறு காணலாம். $OACB$ என்ற இணைகரத்தை அமைத்தால் இணைகரத்தின் $OC$ என்ற மூலைவிட்டம் தொகுபயனைக் குறிக்கும். $A\hat{O}C$ என்ற கோணம் $\theta$ ஆகும்.

எனவே, $$\frac{AC}{AO} = \tan\theta$$

அதாவது, $$\frac{F}{H} = \tan\theta$$

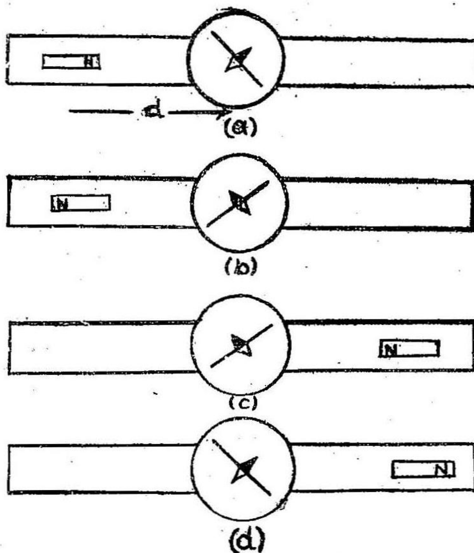
அல்லது $$F = H\tan\theta$$

$H$-ன் திசைக்கு நேர்குத்துத் திசையில் செயற்படும் காந்தப்புலத்தை ஒரு சட்டக் காந்தத்தின் உதவியால் உருவாக்கலாம். ஒரு காந்தத்தை அதன் அச்சுக்கோடு காந்த ஊசியின் மையம் வழியாகவும், காந்தத் துருவத்தளத்திற்கு நேர்குத்தாகவும் செல்லுமாறு காந்தஊசிக்குக் கிழக்கு அல்லது மேற்கில் வைப்பதாகக் கொள்வோம். காந்தத்தின் திருப்புதிறன் $M$ அலகுகள் எனவும், நீளம் $2l$ செ.மீ. எனவும், காந்த ஊசியின் மையத்திலிருந்து காந்தத்தின் மையம் $d$ செ.மீ. தொலைவில் இருப்பதாகவும் கொள்வோம். காந்த ஊசியின் மையத்தில் $H$-ன் திசைக்கு நேர்குத்துத் திசையில் $\frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2}$ ஓர்ஸ்ட்டடுகள் வலிமையுள்ள காந்தப்புலம் உருவாகும். காந்தம் இந்நிலையில் வைக்கப்படுவதை $A$ நிலை (tan $A$ position) அல்லது அச்சுக்கோட்டு நிலை என அழைக்கலாம்.

**இரு காந்தங்களின் காந்தத் திருப்புதிறன்களை ஒப்பு நோக்குதல்**

***A*-நிலை அல்லது அச்சுக்கோட்டு நிலை :** விலகுகாந்த மானியை முதலில் அச்சுக்கோட்டு நிலையில் பின்வருமாறு அமைக்க வேண்டும். காந்தங்கள், காந்தப் பொருள்கள் முதலியவற்றை அப்புறப்படுத்திய பின் விலகுகாந்த மானியை அதன் புயங்கள் அலுமினியக் குறிமுள்ளுக்கு இணையாக இருக்குமாறு அமைக்கவும். பின்னர் காந்த ஊசிப் பெட்டியை மட்டும் சுற்றிக் குறிமுள்ளின் இரு முனைகளும் வட்ட அளவுகோலின் சுழிகளுக்கு நேராக இருக்குமாறு அமைக்கவும்.

($a$) **சமதொலைவு முறை** (Equal distance method) **:** விலகுகாந்தமானியை $A$ நிலையில் மேற்கூறியவாறு அமைத்தபின் காந்தங்களுள் ஒன்றை விலகுகாந்தமானியின் ஒரு புயத்தின்மீது அதன் மையம் காந்த ஊசியின் மையத்தி லிருந்து $d$ செ.மீ. தொலைவில் இருக்குமாறும், அதன் அச்சுக் கோடு காந்த ஊசியின் மையம் வழியாகச் செல்லுமாறும், அதன் வடதுருவம் காந்த ஊசியை நோக்குமாறும் வைக்க வும் [படம் 8.27$a$]. இப்போது காந்த ஊசி அதன் இயல்பான




படம் 8.27

நிலையிலிருந்து விலகும். அலுமினியக் குறிமுள்ளின் இரு முனை களுக்கு நேராக உள்ள அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்ளவும்,

இவ்வாறு இவ்விரு அளவீடுகளையும் குறிப்பதால் காந்த ஊசியின் சுழல்தானம் வட்டஅளவுகோலின் மையத்துடன் பொருந்தாமலிருக்குமேயானால் ஏற்படும் பிழையைத் தவிர்க்கலாம். அடுத்து, காந்தத்தின் தென்துருவம் ஊசியை நோக்குமாறு அதே தொலைவில் வைத்து, குறிமுள்ளின் இரு முனைகளுக்குமான அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும் [படம் 8.27*b*]. இதனால் காந்தத்தின் இரு துருவங்களின் வலிமையும் வேறுபட்டிருக்குமானால் ஏற்படும் பிழையையும் காந்தத்தின் அச்சுக்கோடு காந்தத்துருவத்தளத்திற்கு நேர் குத்தாக இல்லாமலிருப்பின் ஏற்படும் பிழையையும் தவிர்க்கலாம். பின்னர் காந்தத்தைக் காந்தமானியின் அடுத்த புயத்தில் அதே தொலைவில் வைத்து மேற்சொன்னவாறு சோதனையைத் திருப்பிச் செய்யவும்[படம் 8.27*c*, *d*]. இதனால் புயங்களில் பொருத்தப்பட்ட அளவுகோல்களின் சுழிமுனைகள் காந்த ஊசியின் மையத்தோடு பொருந்தாமலிருக்குமானால் ஏற்படும் பிழையைத் தவிர்க்கலாம். இவ்வாறு கிடைக்கப் பெற்ற எட்டு அளவீடுகளின் சராசரி மதிப்பு $\theta_1$ எனக் கொள்வோம்.

காந்தத்தின் திருப்புதிறன் $M_1$ அலகுகள், நீளம் $2l_1$ செ.மீ. ஆயின்,

$$\frac{2Md}{(d^2-l_1^2)^2} = H \tan \theta_1 \text{ ஆகும்.}$$

இனி, முதலாவது காந்தத்தை நீக்கிவிட்டு, இரண்டாவது காந்தத்தை அதே தொலைவில் வைத்து, அதனால் விளையும் விலகலையும் (diflection) கணக்கிடவும். அவ்விலகல் $\theta_2$ எனவும், இரண்டாவது காந்தத்தின் திருப்புதிறன் $M_2$, நீளம் $2l_2$ செ.மீ. எனவும் கொள்வோமானால்,

$$\frac{2M_2d}{(d^2-l_2^2)^2} = H \tan \theta_2 \text{ ஆகும்.}$$

எனவே,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{(d^2-l_1^2)^2}{(d^2-l_2^2)^2} \times \frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2}$$

*d*-ன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்குச் சோதனையைத் திருப்பிச் செய்து $\frac{M_1}{M_2}$-ன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.

காந்தங்கள் சிறியனவாகக் கருதப்படின்

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2} \text{ ஆகும்.}$$

அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம்.

| காந்தங்களின் தொலைவு $(d)$ | காந்த ஊசியின் விலகல் | | | | | | | | | | | | | | | | | | $\frac{M_1}{M_2}=\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | முதல் காந்தம் | | | | | | | | | இரண்டாவது காந்தம் | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | சராசரி $\theta_1$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | சராசரி $\theta_2$ | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | சராசரி | |

(*b*) **சமவிலக்கு அல்லது சுழிவிலக்கு முறை :** (Equal deflection or Null deflection method) : **இம் முறையில் இரு காந்தங்களையும் ஒரே சமயத்தில் பயன்படுத்துகிறோம்.** விலகு காந்தமானியை $A$-நிலையில் **அமைத்துக்** கொள்ளவும். $M_1$ அலகுகள் திருப்புதிறன் உள்ள காந்தத்தை அதன் அச்சுக்கோடு காந்த ஊசியின் மையம் வழியாகச் செல்லு மாறும், வடதுருவம் காந்த ஊசியை நோக்குமாறும், காந்த ஊசிக்கு மேற்கில் அதன் மையம் ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவில் ($d_1$ செ.மீ.) இருக்குமாறும் வைக்கவும். இப்போது காந்த ஊசி விலகலடையும். அடுத்து $M_2$ அலகுகள் திருப்பு திறன் உள்ள இரண்டாவது காந்தத்தை அதன் அச்சுக் கோடு காந்த ஊசியின் மையம் வழியாகச் செல்லுமாறும், அதன் வடதுருவம் காந்த ஊசியை நோக்குமாறும் காந்த ஊசிக்குக் கிழக்கில் வைக்கவும். இதனால் காந்த ஊசியின் மையத்தில் இரு காந்தங்களும் விளைவிக்கும் காந்தப்புலங்கள் எதிர்த்திசைகளில் அமையும். காந்த ஊசியின் விலகல் சுழி யாகும்வரை இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவைச் சரி செய்யவும். காந்த ஊசியின் மையத்திலிருந்து காந்த மையத்தின் தொலைவைக் குறித்துக் கொள்ளவும். அடுத்து, காந்தங்களின் தென்துருவங்கள் காந்த ஊசியை நோக்குமாறு வைக்கவும். முதல் காந்தத்தை அதே தொலைவில் ($d_1$ செ.மீ.) வைத்து, இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவைக் காந்த ஊசியின் விலகல் சுழியாகும்வரை சரிசெய்து அதன் தொலைவைக் குறித்துக் கொள்ளவும். பின்னர் முதல் காந்தத் தைக் காந்த ஊசிக்குக் கிழக்கில் அதே தொலைவிலும் ($d_1$ செ.மீ.), இரண்டாவது காந்தத்தை மேற்கிலும் வைத்துச் சோதனையைத் திருப்பிச் செய்யவும். இரண்டாவது காந்தத் தின் நான்கு தொலைவுகளின் சராசரி $d_2$ செ.மீ. எனக் கொள்வோம்.

காந்த ஊசியின் விலகல் சுழியாகும்படி இரு காந்தங் களையும் சரிசெய்வதால் ஊசியின் மையத்தில் இரு காந்தங் களும் விளைவிக்கும் புலவலிமைகள் சமமாக இருக்கும்.

எனவே, காந்தங்களின் நீளங்கள் $2l_1$, $2l_2$ ஆயின்,

$$\frac{2M_1d_1}{(d_1^2-l_1^2)^2}=\frac{2M_2d_2}{(d_2^2-l_2^2)^2}$$

$$\therefore \quad \frac{M_1}{M_2}=\frac{(d_1^2-l_1^2)^2}{(d_2^2-l_2^2)^2}\times\frac{d_2}{d_1}$$

முதல் காந்தத்தை வெவ்வேறு தொலைவுகளில் வைத்துச் சோதனையை மறுமுறை செய்து $\frac{M_1}{M_2}$-ன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.

காந்தங்கள் சிறியனவாகக் கருதப்படின்,

$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{d_1^3}{d_2^3} \text{ ஆகும்.}$$

அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தலாம் :

| முதல் காந்தத்தின் தொலைவு $(d_1)$ | இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவு | | | | | $\frac{M_1}{M_2}=\frac{d_1^3}{d_2^3}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | சராசரி $(d_2)$ | |
| | | | | | | |
| | | | | | சராசரி | |

இவ்வாறு இரு முறைகளில் காந்தங்களின் திருப்பு திறன்களை ஒப்புநோக்கி அவற்றின் துருவ வலிமைகளையும் பின்வருமாறு ஒப்புநோக்கலாம். துருவ வலிமைகள் $m_1$, $m_2$ அலகுகள் ஆயின்,

$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{2l_1m_1}{2l_2m_2}$$

$$\therefore \quad \frac{m_1}{m_2}=\frac{M_1}{M_2}\times\frac{l_2}{l_1}$$

## மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 6 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட்ட 30 மெட்ரிக் அலகுகள், 36 மெட்ரிக் அலகுகள் வலிமை கொண்ட இரு வட துருவங்களிடையே செயற்படும் விசையைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** $m_1 = 30$ மெட்ரிக் அலகுகள்
$m_2 = 36$ மெட்ரிக் அலகுகள்
$d = 6$ செ.மீ.
$f = ?$

$$f = \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$= \frac{30 \times 26}{6^2}$$

$= 30$ டைன்கள்.

துருவங்களிடையே செயற்படும் விசை 30 டைன்கள்.

2. 180 மெட்ரிக் அலகுகள், 200 மெட்ரிக் அலகுகள் வலிமைகொண்ட இரு துருவங்களிடையே செயற்படும் விசை 10 டைன்கள் என்ருல் அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொலைவைக் கணக்கிடுக.

**விடை :** $m_1 = 180$ மெட்ரிக் அலகுகள்
$m_2 = 200$ மெட்ரிக் அலகுகள்
$f = 10$ டைன்கள்
$d = ?$

$$f = \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$10 = \frac{180 \times 200}{d^2}$$

$$d^2 = \frac{180 \times 200}{10} = 3{,}600$$

$d = 60$ செ.மீ.

துருவங்களுக் கிடையேயுள்ள தொலைவு 60 செ.மீ.

3. 50 மெட்ரிக் அலகுகள் வலிமை கொண்ட ஒரு வட துருவமும், 25 மெட்ரிக் அலகுகள் வலிமை கொண்ட ஒரு தென் துருவமும் 15 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவைகளுக்கிடையே வடதுருவத்திலிருந்து 5 செ.மீ. தொலைவிலுள்ள ஒரு புள்ளியில் புலவலிமையைக் காண்க.

**விடை :** புள்ளியில் வடதுருவத்திஞல்

$$\text{விளையும் புலம்} = \frac{50}{5^2}$$

$= 2$ ஓர்ஸ்ட்டடுகள்.

$$\text{தென் துருவத்திஞல் விளையும் புலம்} = \frac{25}{10^2}$$

$= 0{\cdot}25$ ஓர்ஸ்ட்டடுகள்.

இரு புலமும் தென்துருவத்தை நோக்கிச் செயற்படு கின்றன.

எனவே, புள்ளியில் மொத்தப் புலவலிமை

$= 2{\cdot}25$ ஓர்ஸ்ட்டடுகள்.

4. 8 செ.மீ. நீளமுள்ள ஒரு காந்தம் அதன் வடதுருவம் வடதிசையை நோக்கி இருக்குமாறு காந்தத்துருவத்தளத்தின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. சுழிவலிமைப் புள்ளிகளுக்கிடையே யுள்ள தொலைவு 20 செ.மீ. என்றால் காந்தத்தின் துருவ வலிமையைக் கணக்கிடுக ($H = 0.4$ காஸ்).

**விடை :** $2d = 20$ செ.மீ.

$d = 10$ செ.மீ.

$2l = 8$ செ.மீ.

$l = 4$ செ.மீ.

வடதுருவம் வடதிசையை நோக்கியிருப்பதால் சுழி வலிமைப் புள்ளிகள் நடுவரைக் கோட்டின்மீது இருக்கும்.

எனவே, $$\frac{M}{(d^2+l^2)^{3/2}} = H$$

அல்லது $$M = H(d^2+l^2)^{3/2}$$

$$= 0{\cdot}4\ (10^2+4^2)^{3/2}$$

$= 499{\cdot}9$ மெட்ரிக் அலகுகள்.

$$\therefore \quad m = \frac{M}{2l}$$

$$= \frac{499{\cdot}9}{8}$$

$= 62{\cdot}5$ மெட்ரிக் அலகுகள்.

காந்தத்தின் துருவ வலிமை $= 62{\cdot}5$ மெட்ரிக் அலகுகள்.

## வினாக்கள்

1. காந்தத்தின் பண்புகளைக் கூறி விளக்குக.

2. எதிர்விகித இருமடி விதியைக் கூறுக.

இரு துருவங்களிடையே தொழிற்படும் விசைக்கான வாய்பாட்டைப் பெறுக.

3. காந்தத்தின் துருவ வலிமை, திருப்புதிறன் ஆகிய வற்றை விளக்குக.

4. காந்தப்புல வலிமையை வரையறுத்துக் கூறுக.

ஒரு சட்டக் காந்தத்தின் ($a$) நடுவரைக்கோடு ($b$) அச்சுக் கோடு ஆகியவற்றின் மீது ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புல வலிமை யைக் காண்க.

5. காந்தவிசைக் கோடு, காந்தப்புலப்படம், சுழி வலிமைப் புள்ளி ஆகியவற்றை விளக்கு.

ஒரு காந்தம் அதன் அச்சு, காந்தத் துருவத்தளத்தில் அமையுமாறும், அதன் வடதுருவம்(*a*) தென்திசையை நோக்குமாறும் (*b*) வடதிசையை நோக்குமாறும் வைக்கப்படுகிறது. காந்தத்தின் இவ்விரு அமைப்புகளுக்கான காந்தப்புலப் படங்களை வரைவதற்கான சோதனைகளை விளக்குக.

சோதனைகளிலிருந்து காந்தத்தின் திருப்புதிறனைக் காண்பது எவ்வாறு?

6. விலகுகாந்தமானியை விளக்குக.

விலகுகாந்தமானியைக் கொண்டு இரு காந்தங்களின் திருப்புதிறன்களை ஒப்புநோக்குவதற்கான சோதனையை விளக்குக.

7. 36 மெட்ரிக் அலகுகள் கொண்ட ஒரு தென்துருவமும் 81 மெட்ரிக் அலகுகள் கொண்ட ஒரு வடதுருவமும் 12 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றிற்கிடையே தென் துருவத்திலிருந்து 3 செ.மீ. தொலைவில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் புலவலிமையைக் காண்க. அவையிரண்டும் வடதுருவங்களாயின் அவற்றிற்கிடையே சுழிவலிமைப் புள்ளியின் நிலையைக் காண்க. [5காஸ்; வலிமைமிக்க துருவத்திலிருந்து 10·4 செ.மீ.]

8. 10 செ.மீ. நீளமுள்ள ஒரு காந்தம் 0.4 காஸ் வலிமையுள்ள ஒரு காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டபோது அதன் துருவங்கள் ஒவ்வொன்றும் 4 டைன்கள் விசையை உணருகின்றன. காந்தத்தின் திருப்புதிறனைக் கணக்கிடுக.

[100 மெட்ரிக் அலகுகள்]

9. ஒரு சிறிய காந்தம் அதன் தென்துருவம் வடதிசையை நோக்கியிருக்குமாறு காந்தத்துருவத்தளத்தில் வைக்கப்பட்ட போது சுழிவலிமைப் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு 24 செ.மீ. அக் காந்தத்தின் திருப்புதிறனைக் காண்க. மேலும், காந்தத்தின் வடதுருவம் வடதிசையை நோக்குமாயின் சுழி வலிமைப் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவைக் காண்க.

($H = 0{\cdot}4$ காஸ்). [345·6 மெட்ரிக் அலகுகள், 9·52 செ.மீ.]

# 9. நிலைமின்னியல்

(Electrostatics)

ஏறத்தாழ கி. மு. 600 ஆம் ஆண்டு முதலே கிரேக்க நாட்டு மேதைகள் மின்சாரத்தைப் பற்றி அறிந்திருந்தார்கள். கம்பளியில் தேய்க்கப்பட்ட அம்பர் (amber) தண்டும், பட்டுத் துணியில் தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டும், சிறு காகிதத்துண்டுகளை ஈர்ப்பதை அவர்கள் அறிந்திருந்தார்கள். பின்னர், மேலும் பல பொருள்களும் தக்க பொருள்களோடு தேய்க்கப்படும்போது மேற்கூறிய பண்பினைப் பெறுகின்றன எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இத்தகைய பண்பினைப் பெற்ற பொருள்கள் மின்னூட்டம் பெற்ற (charged) பொருள்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இங்கு உராய்வினால் பொருள்கள் மின்னூட்டம் பெறுவதாகச் சொல்லுகிறோம்.

**இருவகை மின்னூட்டங்கள்** (Two kinds of charges)

பட்டுத் துணியுடன் தேய்க்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடித் தண்டினை மெல்லிய நூலொன்றினால் தொங்கவிடவும். அதனருகில் பட்டுத் துணியுடன் தேய்க்கப்பட்ட மற்றொரு கண்ணாடித் தண்டினைக் கொண்டு சென்றால் தொங்கவிடப் பட்ட கண்ணாடித் தண்டு விலகிச் செல்வதைக் காணலாம். அதாவது, கண்ணாடித் தண்டுகள் ஒன்றையொன்று ஒதுக்கித் தள்ளுகின்றன. அவ்வாறே கம்பளியுடன் தேய்க்கப்பட்ட இரு அம்பர் தண்டுகள் ஒன்றையொன்று ஒதுக்கித் தள்ளும். மாறாக, தொங்கவிடப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டிற்கு அருகில் கம்பளியுடன் தேய்க்கப்பட்ட அம்பர் தண்டு ஒன்றை எடுத்துச் சென்றால் கண்ணாடித் தண்டு அம்பர் தண்டினை நோக்கி ஈர்க்கப்படும். இச் சோதனையிலிருந்து இருவகை மின்னூட்டங்கள் இருக்கின்றன என்பது தெளிவாகிறது. பட்டுத் துணியில் தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டு நேர்மின்னூட்டம்

(positive charge) பெற்றிருப்பதாகவும், கம்பளியில் தேய்க்கப் பட்ட அம்பர் தண்டு எதிர்மின்னூட்டம் (nagetive charge) பெற்றிருப்பதாகவும் கொள்வது மரபு. மேலும், மேற்கூறிய சோதனையிலிருந்து ஒத்த இயல்புடைய மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று ஒதுக்கித் தள்ளுகின்றன என்பதும், மாறு பட்ட இயல்புடைய மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று கவரு கின்றன என்பதும் தெளிவாகின்றன.

ஒரு பொருளில் ஏற்படும் மின்னூட்டம் அதனுடன் தேய்க்கப்படும் பொருளைப் பொறுத்தது என்பது சோதனையின் மூலம் தெரியவருகிறது. காட்டாக, ஒரு கண்ணாடித் தண்டை பட்டுத் துணியுடன் தேய்க்கும்போது அது நேர்மின்னூட்டம் பெறுகிறது; கம்பளியுடன் தேய்த்தால் எதிர்மின்னூட்டம் பெறுகிறது. உலோகங்கள் கம்பளியுடன் தேய்க்கப்படும் போது எதிர்மின்னூட்டமும், இரப்பருடன் தேய்க்கப்படும் போது நேர்மின்னூட்டமும் பெறுகின்றன. இரு பொருள்களை ஒன்றுடன் ஒன்று தேய்க்கும்போது ஒரு பொருள் நேர் மின்னூட்டம் கொள்ளும் அதே நேரத்தில் மற்றப் பொருள் எதிர்மின்னூட்டம் கொள்கிறது என்பதும் சோதனை மூலம் தெரிய வருகிறது.

உண்மையில் நேர்மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள்களில் எலெக்ட்ரான்கள் இயல்பான அளவைவிடக் குறைவாகவும், எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள்களில் அதிகமாகவும் இருக்கின்றன என்று இப்போது தெரிய வந்துள்ளது.

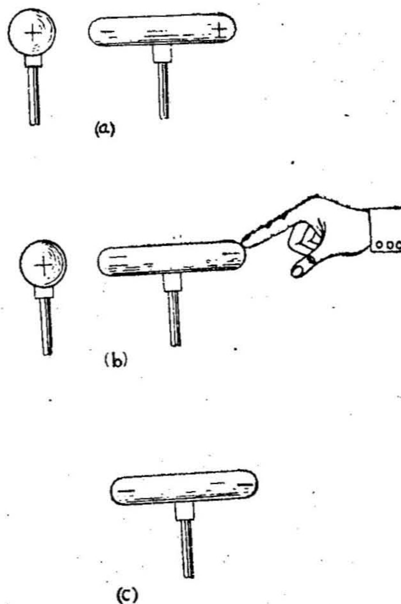
**மின்கடத்திகளும் மின்காப்புப் பொருள்களும் (Conductors and insulators)**

ஓர் உலோகத் தண்டைக்கையில் பற்றி, பட்டுத் துணியு டன் தேய்த்துப் பார்த்தால் அது மின்னூட்டம் பெற்றிருப்பதற் கான அறிகுறிகள் எதுவும் தெரிவதில்லை. ஆனால், உலோகத் தண்டில் எபொனைட் (ebonite) கைப்பிடி ஒன்றைப் பொருத்தித் தண்டைக் கைப்பிடியால் பற்றிப் பட்டுத் துணியுடன் தேய்த்தால் அது மின்னூட்டம் பெற்றிருப்பதைக் காணலாம். இதனால் முதல் சோதனையில் உலோகத் தண்டு மின்னூட்டம் பெறுவதில்லை என்று கூறமுடியாது. அப்போதும் உலோகத் தண்டு மின்னூட்டம் பெறுகிறது; ஆனால், மின்னூட்டம் உலோகத் தண்டிலிருந்து உடல் வழியாக நிலத்திற்குச் சென்றுவிடுகிறது. இரண்டாவது சோதனையில் எபொனைட் கைப்பிடி இருப்பதால், எபொனைட் வழியாக மின்னூட்டம் செல்ல முடிவதில்லை.

உலோகங்கள் போன்ற மின்னூட்டம் எளிதில் செல்லக் கூடிய பொருள்கள் மின்கடத்திகள் அல்லது கடத்திகள் எனப்படும். எபொனைட் போன்ற மின்னூட்டம் செல்ல முடியாத பொருள்கள் மின்காப்புப் பொருள்கள் எனப்படும். கடத்திகளின் வேறு எடுத்துக்காட்டுகள் பாதரசம், மனித உடல் ஆகியவை ஆகும். ஈரமற்ற காற்று, பீங்கான், இரப்பர், மைக்கா போன்றவை வேறு சில காப்புப் பொருள்களாகும். உலோகங்கள் நற்கடத்திகளாதலால் மின்னூட்டம் பெற்ற ஓர் உலோகத் தண்டை ஓரிடத்தில் தொட்டாலும் அது தன் முழு மின்னூட்டத்தையும் இழந்துவிடும். மின்னூட்டம் பெற்ற மின்காப்புப் பொருள் ஒன்றை ஓரிடத்தில் தொட்டால் அவ் விடத்திலுள்ள மின்னூட்டம் மட்டும் நிலத்திற்குச் சென்று விடும். எனவே, காப்புப்பொருள் அவ்விடத்திலிலுள்ள மின் னூட்டத்தை மட்டும் இழக்கும்.

**மின்தூண்டல்**

மரத்தாங்கி (மின்காப்புப் பொருள்) ஒன்றில் பொருத்தப்




படம் 9.1

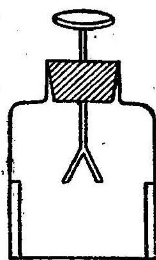
பட்ட $BC$ என்ற ஓர் உலோகத் தண்டின் $B$ முனைக்கருகில் நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற $A$ என்ற கோளத்தை வைப்பதாகக்

கொள்வோம் [படம் 9.1$a$]. இப்பொழுது தண்டின் $B$ முனை எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றும் $C$ முனை நேர்மின்னூட்டம் பெற்றும் அமையும். மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள் ஒன்று மின்னூட்டம் பெறாத ஒரு பொருளுடன் தொடர்புகொள்ளாமலேயே அதனை மின்னூட்டம் பெறச்செய்யும். இந் நிகழ்ச்சி மின்தூண்டல் எனப்படும். எனினும், தண்டிலுள்ள மின்னூட்டம் தற்காலிக மானதே. $A$ என்ற கோளத்தை நீக்கிவிட்டோமாயின் தண்டும் மின்னூட்டத்தை இழந்துவிடும். மின்தூண்டல் முறையில் தண்டு நிலையான மின்னூட்டத்தைப் பெறுமாறும் பின்வருமாறு செய்யலாம். முன்னர் கூறியவாறு மரத்தாங்கியில் பொருத்தப் பட்ட தண்டின் $B$ முனைக்கருகில் நேர்மின்னூட்டம் பெற்ற கோளத்தை ($A$) வைத்துத் தண்டைக் கணநேரம் விரலால் தொடவும் [படம் 9.1$b$]. இதனால் தண்டு கணநேரத்திற்குத் தரையிடப்படும் (earthed). இப்பொழுது $A$ஐ நீக்கிவிடுவோ மாயின் தண்டு முழுவதும் எதிர்மின்னூட்டம் பெற்றிருப்பதைக் காணலாம் [படம் 9.1$c$]. இப்பொழுது நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட ஒரு கோளத்தின் உதவியால் தண்டு எதிர்மின்னூட் டம் பெறுவதைக் கண்டோம். இவ்வாறே எதிர்மின்னூட்டம் ஒரு கோளத்தின் உதவியால் தண்டை நேர்மின்னூட்டம் பெறச் செய்யலாம்.

**மின்காட்டி** (Electroscope)

ஒரு பொருள் மின்னூட்டம் பெற்றிருக்கிறதா என்பதை அறியவும், அது மின்னூட்டம் பெற்றிருந்தால் மின்னூட்டத் தின் இயல்பை அறியவும், மின்காட்டிகள் உதவுகின்றன. மின் காட்டிகளுள் உணர்வு நுட்பமிக்க ஒன்று 'தங்க இலை மின்காட்டி (gold leaf electroscope)' ஆகும்.

தங்க இலை மின்காட்டியின் அமைப்பைப் படம் 9.2-ல் காணலாம். இதில் செங்குத்தாக அமைக்கப்பட்ட மெல்லிய உலோகத் தண்டின் கீழ்முனையில் இரு தங்க இலைகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. உலோகத் தண்டின் மேல்முனையுடன் ஓர் உலோகத் தட்டு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. உலோகத் தண்டு ஒரு தக்கையின் வழியே செலுத்தப் பட்டுத் தங்க இலைகள் ஒரு சீசாவினுள் இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. சீசாவின் உட்புறத்தில் தங்க இலைகளுக்கு எதிராக இரு மெல்லிய ஈயத்தகடுகள் (tin foils) பொருத்தப்பட்டுள்ளன. பெரும்பாலும் இவை நிலத்துடன் இணைக்கப்படுகின்றன.



படம் 9.2

மின்னூட்டங் கொண்ட ஒரு பொருளை மின்காட்டியின் தகட்டினருகில் எடுத்துச் சென்றால், தகட்டில் பொருளில் உள்ள மின்னூட்டத்திற்கு மாறுபட்ட இயல்புடைய மின்னூட்டமும், தங்க இலைகளில் அதே இயல்புடைய மின்னூட்டமும் தூண்டப்படுகின்றன. எனவே, இரு இலைகளும் ஒத்த இயல்புடைய மின்னூட்டம் பெறுவதால் அவை ஒன்றையொன்று ஒதுக்கித் தள்ளுகின்றன. ஆகவே, அவை விரிவடைகின்றன.

பொருளில் உள்ள மின்னூட்டத்தின் இயல்பினை அறிய மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு மின்காட்டியைப் பயன்படுத்த வேண்டும். மின்காட்டியை இரு முறைகளில் மின்னூட்டம் பெறச் செய்யலாம். ஒன்று மின்தூண்டல் முறை; மற்றது மின்கடத்தல் முறை.

**மின்தூண்டல் முறை** (Charging by induction)

இம் முறையில் மின்காட்டியை நேர்மின்னூட்டம் பெறச் செய்ய எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு பொருளை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற பொருளைத் தட்டினருகில் அதைத் தொடாமல் வைத்தால் தட்டில் நேர் மின்னூட்டமும், தங்க இலைகளில் எதிர்மின்னூட்டமும் தூண்டப்படுகின்றன. இப்போது தட்டைக் கையால் தொட்டு எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற பொருளையும் கையையும் எடுத்து விட்டால் மின்காட்டியின் தங்க இலைகள் நேர்மின்னூட்டம் பெற்றிருக்கும். அவ்வாறே நேர்மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு பொருளைக்கொண்டு மின்காட்டியை எதிர்மின்னூட்டம் பெறச் செய்யலாம்.

**மின்கடத்தல் முறை** (Charging by conduction)

இம் முறையில் நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட ஒரு பொருளை மின்காட்டியின் தட்டின்மீது வைத்தால் நேர்மின்னூட்டம் இலைகளுக்குக் கடத்தப்படுகிறது. இந் நிலையில் பொருளை நீக்கிய பின்னரும் தங்க இலைகளில் நேர்மின்னூட்டம் தங்கி அவை விலகுகின்றன. இவ்வாறே எதிர்மின்னூட்டம் கொண்ட ஒரு பொருளைக் கொண்டு மின்காட்டியை எதிர் மின்னூட்டம் பெறவும் செய்யலாம்.

மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு மின்காட்டியின் தட்டினருகில் மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு பொருளைக் கொண்டு சென்றால் தங்க இலைகளின் விலக்கம் மிகுதியாகவோ குறையவோ செய்யும்.

விலக்கம் மிகுதியானல் பொருள், மின்காட்டியிலுள்ள மின்னூட்டத்தை யொத்த மின்னூட்டம் கொண்டுள்ளது என்று அறியலாம். மாருக விலக்கம் குறையுமானல் பொருள் மின்காட்டியிலுள்ள மின்னூட்டத்திற்கு மாறுபட்ட இயல்புடைய மின்னூட்டம் கொண்டுள்ளது எனப் பொருள்படும். ஆனல், விலக்கக் குறைவு, பொருள் மின்னூட்ட மற்றிருப்பதையும் குறிக்கும். எனவே, தங்க இலைகளின் விலக்கமிகுதியைக் கொண்டே மின்னூட்டத்தின் இயல்பை அறியவேண்டும்.

**மின்னூட்டங்களிடையே தொழிற்படும் விசை**

இரு மின்னூட்டங்களிடையே தொழிற்படும் ஈர்ப்புவிசை அல்லது ஒதுக்குவிசையை எதிர்விகித இருமடி விதியின் (inverse square law) அடிப்படையில் பெறலாம்.

**எதிர்விகித இருமடி விதி**

**இரு மின்னூட்டங்களிடையே தொழிற்படும் விசை அவற்றின் மின்னூட்ட மதிப்புகளின் பெருக்கற் பலனுக்கு நேர்விகிதத்திலும், அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருக்கும்.**

$q_1$, $q_2$ என்ற இரு மின்னூட்டங்களை $d$ செ.மீ. தொலைவில் வைக்கும்போது அவற்றிற்கிடையேயுள்ள விசை $F$ ஆயின், எதிர்விகித இருமடி விதிப்படி

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

அல்லது $F = K\frac{q_1 q_2}{d^2}$; $K$ என்பது ஒரு மாறிலி.

ஓரலகு மின்னூட்டம் $K$–ன் மதிப்பு ஒருமம் ஆகும் வகையில் வரையறுக்கப்படுகிறது.

**காற்று அல்லது வெற்றிடத்தில் ஒரு சென்டிமீட்டர் தொலைவில் வைக்கப்பட்ட இரு ஒத்த இயல்புடைய மின்னூட்டங்களிடையே ஒரு டைன் ஒதுக்குவிசை செயற்படுமாயின் அவை ஒவ்வொன்றும் மெட்ரிக் முறையில் ஓரலகு மின்னூட்டமாகும்.**

மேற்கண்ட வரையறையின்படி,

$$q_1 = q_2 = \text{ஒரு மெட்ரிக் அலகு}$$
$$d = 1 \text{ செ.மீ. ஆயின்}$$
$$F = 1 \text{ டைன் ஆகும்.}$$

எனவே, $1 = \dfrac{K \times 1 \times 1}{1^2}$

அதாவது, $K = 1$

$$\therefore \quad F = \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

மின்னூட்டங்கள் காற்று அல்லது வெற்றிடமல்லாத வேறு மின்காப்பு ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டால் அவற்றினிடையே தொழிற்படும் விசை

$$F = \frac{q_1 q_2}{K d^2}$$

வாய்பாட்டில் $K$ என்பது ஊடகத்தின் மின்தூண்டற் திறன் எண் (dielectric constant or specific inductive capacity) எனப்படும்.

**மின்புலம்** (Electric field)

மின்னூட்டத்தைச் சுற்றியுள்ள வெளியில் அதன் விளைவுகளை உணரலாம். மின்னூட்ட விளைவுகளை உணரப் படக்கூடிய இத்தகைய வெளி மின்புலம் எனப்படும்.

**மின்புல வலிமை** (Intensity of electric field)

**மின்புலத்தில் ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்ட ஓரலகு நேர்மின்னூட்டத்தின் மீது தொழிற்படும் விசையின் எண் மதிப்பு அப்புள்ளியில் மின்புலத்தின் வலிமைக்குச் சமமாகும். மின்புலம் விசையின் திசையில் செயற்படும்.**

$q$ அலகு மின்னூட்டத்தினின்றும் $d$ செ.மீ. தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் மின்புல வலிமை $\dfrac{q}{d^2}$ அலகுகளாகும்.

**மின்னழுத்த நிலை** (Potential)

**மின்புலத்தில் ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்த நிலை என்பது ஓரலகு நேர்மின்னூட்டம் ஒன்றை முடிவிலாத் தொலைவி லிருந்து அப் புள்ளிக்குக் கொண்டு வருவதற்குச் செய்ய வேண்டிய வேலையின் அளவாகும்.**

$q$ அலகு மின்னூட்டத்தினின்றும் $d$ செ.மீ. தொலைவில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம் $\frac{q}{d}$ அலகுகளாகும்.

நிலமும் நிலத்தோடு தொடர்புகொண்ட பொருள்களும் சுழி மின்னழுத்த நிலையில் உள்ளன என்று கொள்வது மரபு.

**ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு ஓரலகு மின்னூட்டத்தை எடுத்துச் செல்வதற்குச் செய்யவேண்டிய வேலையின் அளவு அப் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும்.**

மின்னழுத்த வேறுபாடுள்ள இரு புள்ளிகளை ஒரு கடத்தியினால் இணைத்தால் கடத்தியின் வழியே ஒரு மின்னோட்டம் (electric current) ஏற்படும். ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் ஏற்படும்போது உயர்மின்னழுத்தப் புள்ளியிலிருந்து குறைந்த மின்னழுத்தப் புள்ளிக்கு நேர்மின்னூட்டம் செல்லுகிறது என்று கொள்வது மரபெனினும், உண்மையில் குறைந்த மின்னழுத்தப் புள்ளியிலிருந்து உயர்மின்னழுத்தப் புள்ளிக்கு எலெக்ட்ரான்கள் செல்லுகின்றன என்று விஞ்ஞானிகள் இப்போது கண்டுள்ளனர்.

## வினாக்கள்

1. ஒரு தங்க இலை மின்காட்டியைப் படம் வரைந்து விளக்குக. அதன் பயன்களை விளக்குக.

2. இரு மின்னூட்டங்களிடையே தொழிற்படும் விசையினைப் பெறுக. மின்புலத்தில் ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்த நிலை என்றால் என்ன?

# 10. மின்னேட்டவியல்

(Electric current)

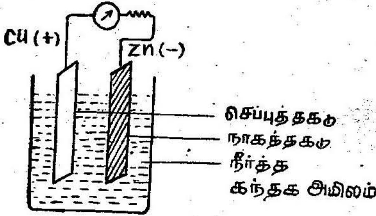
## மின்கலங்கள் (Cells).

வேறுபட்ட மின்னழுத்தங்களையுடைய இரு புள்ளிகளை ஒரு கடத்தியால் இணைக்கும்போது கடத்தியின் வழியே மின்னேட்டம் நிகழும் என்று முன்னர் கூறப்பட்டது. வெவ்வேறு உயரங்களுக்கு நீர் நிரப்பப்பட்ட இரு கலங்களை ஒரு குழாயினுல் இணைத்தால் இரு கலங்களிலும் நீர்மட்டம் சமமாகும்வரை குழாயில் நீரோட்டம் நிகழும் என்பதை நாமறிவோம். அதாவது, நீரோட்டத்திற்கு நீர்மட்ட வேற்றுமை இன்றியமையாததாகிறது. அவ்வாறே மின்னழுத்த வேறுபாடுள்ள இரு புள்ளிகளை ஒரு கம்பியால் இணைத்தால் இரு புள்ளிகளிலும் மின்னழுத்தம் சமமாகும்வரை கம்பி வழியே மின்னேட்டம் ஏற்படும். அதாவது, மின்னேட்டத்திற்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு (potential difference) இன்றியமையாததாகிறது. மின்னழுத்த வேறுபாட்டை மின் இயக்கு விசையினுல் (electro motive force) பெறலாம். மின் இயக்கு விசையை மின்கலங்கள் அல்லது மின்னுக்கிகளைக் (generators) கொண்டு நிறுவலாம். மின்கலங்கள் இரசாயன ஆற்றலையும் (chemical energy), மின்னுக்கிகள் இயக்க ஆற்றலையும் மின்னுற்றலாக மாற்றுகின்றன.

## வோல்ட்டா மின்கலம் (Voltaic cell)

முதன் மின்கலத்தை நிறுவியவர் வோல்ட்டா (Volta) என்ற விஞ்ஞானியாவார். அவரைச் சிறப்பிக்கும் வகையில் அதனை வோல்ட்டா மின்கலம் என்று அழைக்கிறோம். இதன்

அமைப்பைப் படம் 10.1-ல் காணலாம். நீர்த்த கந்தக அமிலம் (dilute sulphuric acid) நிரப்பப்பட்ட ஒரு கண்ணுடிப் பாத்திரத்தில் ஒரு செப்புத் தகடும், ஒரு தூய துத்த நாகத் தகடும் உள்ளன. தகடுகள் இணைக்கப்படும் வரையில் கலத்தில் ஒன்றும் நிகழ்வதில்லை. ஆனால், இரு தகடுகளையும் கலத்தின் வெளிப்புறமாக இணைக்கும் போது செப்புத் தகட்டைச் சுற்றி வாயுக்குமிழிகள் உருவாகும்.




படம் 10.1

மேலும், தகடுகளை இணைக்கும் கம்பியின் வழியாகச் செப்புத் தகட்டிலிருந்து துத்தநாகத் தகட்டிற்கு மின்னோட்டம் நிகழ்வதை ஒரு கால்வனு மீட்டரைக் (galvanometer) கொண்டு அறியலாம். இங்குச் செப்புத்தகடு நேர்மின்னழுத்த நிலையிலும், துத்தநாகத் தகடு எதிர்மின்னழுத்த நிலையிலும் இருப்பதாகக் கூறப்படும். அல்லது செப்புத்தகடு நேர் மின்வாயாகவும் (positive pole), துத்தநாகத்தகடு எதிர்மின் வாயாகவும் (negetive pole) தொழிற்படுகின்றன எனக் கூறலாம். மின்கலத்தின் வெளிச்சுற்றின் வழியாக மின்னோட்டம் நிகழாமல் இருக்கும்போது இரு தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு அதன் மின்னியக்கு விசை எனப்படும். மின்னியக்கு விசை வோல்ட் (volt) என்னும் அலகால் அளவிடப்படும்.

இனி, தகடுகளைக் கம்பியால் இணைக்கும்போது என்ன நிகழ்கிறது என்று பார்ப்போம். தகடுகளைக் கம்பியால் இணைத்தவுடன் துத்தநாகத் தகட்டிற்கும் கந்தக அமிலத்திற்கும் இரசாயன வினை (chemical action) நிகழ்கிறது. நீர்த்த கந்தக அமிலத்தில் நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட ஹைட்ரஜன் அயனிகளும் (hydrogen ions), எதிர்மின்னூட்டம் கொண்ட சல்ஃபேட் அயனிகளும் (sulphate ions) உள்ளன. சல்ஃபேட் அயனிகள் துத்தநாகத் தகடுடன் வினைப்பட்டு அதனைத் துத்தநாக சல்ஃபேட்டாக (zinc sulphate) மாற்றுவதுடன் எதிர்மின்னூட்டத்தைத் துத்தநாகத் தகட்டிற்குக் கொடுத்து அதனை எதிர்மின்னழுத்தம் பெறச் செய்கின்றன. ஹைட்ரஜன் அயனிகள் செப்புத் தகட்டை நோக்கிச் சென்று அங்கு வாயுக் குமிழிகளாக உருவாகின்றன. ஹைட்ரஜன் அயனிகள் நேர்மின் அயனிகளாதலால் (நேர்மின்னூட்டம் பெற்றவை)

அவை செப்புத் தகட்டை அடைந்தவுடன் அவற்றின் மின்னூட்டத்தைச் செப்புத்தகட்டிற்குக் கொடுத்து அதனை நேர் மின்னழுத்தம் பெறச் செய்கின்றன.

### வோல்ட்டா மின்கலத்தின் குறைபாடுகள்

வோல்ட்டா மின்கலத்தில் உள்ளிட நிகழ்ச்சி (local action), துருவகரணம் (polarisation) என்னும் இரு குறைபாடுகள் உண்டு.

**உள்ளிட நிகழ்ச்சி:** மின்கலத்திலுள்ள செப்புத் தகடு, தூய துத்தநாகத் தகடு ஆகியவற்றைப் புறத்தே இணைக்கும் போது மட்டுமே இரசாயன வினை ஏற்பட்டு வாயுக்குமிழிகள் உருவாகின்றன என்று முன்னர் கூறப்பட்டது. ஆனால், சாதாரணமாகக் கிடைக்கும் துத்தநாகத் தகட்டில் இரும்பு, செம்பு போன்ற வேற்று உலோகங்களும் சிறு அளவில் உள்ளன. எனவே, தகடுகளைப் புறத்தே இணைக்காதபோதும், அதாவது, மின்கலத்திலிருந்து மின்சாரம் எடுக்காதபோதும் துத்தநாகத் தகட்டிலுள்ள செம்பின் சேர்க்கையால் இரசாயன வினை ஏற்பட்டுத் துத்தநாகத் தகடு கரைந்து விடுகிறது. இதனையே உள்ளிட நிகழ்ச்சி என அழைக்கிறோம். இக் குறையைத் துத்தநாகத் தகட்டிற்குப் பாதரசப் பூச்சுக் கொடுப்பதன் மூலம் நீக்கலாம். பாதரசப் பூச்சுக் கொடுப்பதால் தூய துத்தநாகம் மட்டும் பாதரசத்தில் கரைந்து அமிலத்துடன் தொடர்பு கொள்ளும். செம்பு, இரும்பு போன்ற வேற்று உலோகங்கள் பூச்சின் உட்புறத்தே தங்கிவிடும்.

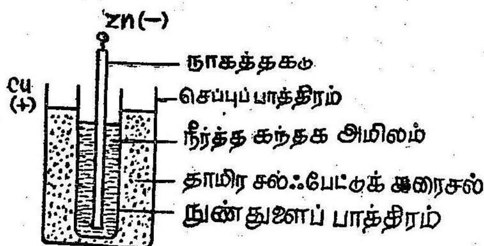
**துருவகரணம்:** மின்கலம் தொழிற்படும்போது ஹைட்ரஜன் குமிழிகள் உருவாகிச் செப்புத் தகட்டை அடைகின்றன என்று கூறப்பட்டது. செப்புத் தகட்டின்மேல் ஹைட்ரஜன் குமிழிகள் படியப்படிய அமிலத்துடன் தொடர்பு கொள்ளும் அதன் பரப்புக் குறைகிறது. மேலும், செப்புத் தகட்டை அடையும் ஹைட்ரஜன் அயனிகளும், துத்தநாகத் தகட்டிற்கு அருகிலுள்ள சல்ஃபேட் அயனிகளும் சேர்ந்து எதிர்த்திசையில் ஒரு மின்னேட்டத்தை உருவாக்க முயற்சி செய்கின்றன. எனவே, வெளிச்சுற்றில் மின்னேட்டம் குறையத் தொடங்குகிறது. இந் நிகழ்ச்சியே துருவகரணம் எனப்படுகிறது. இக் குறையை நீக்க, செப்புத்தகட்டைச் சுற்றி உருவாகும் ஹைட்ரஜன் குமிழிகளை அவ்வப்போது நீக்கவேண்டும். இதனைத் தக்க துருவகரண நீக்கிகளைக் (depolariser) கொண்டு ஆக்ஸிகரணம்

என்னும் முறையால் செய்யலாம். துருவகரண நீக்கிகளில் உள்ள ஆக்ஸிஜனும் மின்கலத்தில் உருவாகும் ஹைட்ரஜனும் சேர்ந்து நீராக மாறும்.

இனி, மிகுதியாகப் பயன்படும் 1. டேனியல் மின்கலம் (Daniell cell), 2. லெக்லாஞ்சி மின்கலம் (Leclanche cell), 3. பசை மின்கலம் (Dry cell) ஆகியவற்றைப் பற்றிக் காண்போம்.

### டேனியல் மின்கலம்

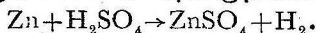
டேனியல் மின்கலத்தில் அடர்மிகு (concentrated) தாமிர சல்ஃபேட் (copper sulphate) கரைசல் அடங்கிய ஒரு செப்புப் பாத்திரம் உள்ளது. செப்புப் பாத்திரமே நேர்மின் வாயாகத் தொழிற்படுகிறது. செப்புப் பாத்திரத்தினுள் நீர்த்த கந்தக அமிலம் அடங்கிய நுண்துளைப் பாத்திரம் (porous pot) ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது [படம் 10.2]. கந்தக அமிலத்தில்




படம் - 10·2

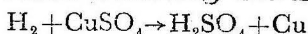
வைக்கப்பட்ட துத்தநாகத் தண்டு எதிர்மின் வாயாகத் தொழிற்படுகிறது. உள்ளிட நிகழ்ச்சியைத் தவிர்க்கத் துத்தநாகத் தண்டு பாதரசப் பூச்சுக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழும்போது துத்தநாகத் தண்டு கந்தக அமிலத்துடன் இரசாயன வினைப்பட்டு ஹைட்ரஜன் அயனிகளை உருவாக்குகிறது. இரசாயன வினையைப் பின்வரும் சமன்பாட்டில் குறிக்கலாம்.



$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2.$$

இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜன் அயனிகள் நுண்துளைப் பாத்திரத்தின் வழியே சென்று தாமிர சல்ஃபேட் கரைசலை அடைகின்றன. அங்கு அவை தாமிர சல்ஃபேட்டுடன் இரசாயன வினைப்பட்டுத் தாமிர அயனிகளை வெளிப்படுத்துகின்றன. வினைச் சமன்பாடு பின்வருமாறு:



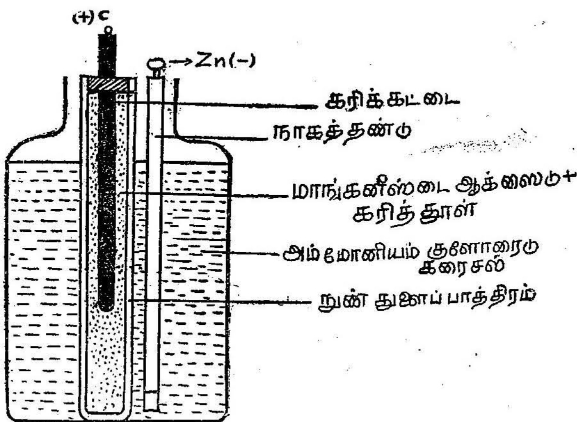
$$H_2 + CuSO_4 \rightarrow H_2SO_4 + Cu$$

தாமிர அயனிகள் செப்புப்பாத்திரத்தை நோக்கிச் சென்று அவற்றின் நேர்மின்னூட்டத்தைப் பாத்திரத்திற்கு அளித்து அதன்மீது படிகின்றன. எனவே, தாமிர சல்ஃபேட் கரைசல் துருவகரண நீக்கியாகத் தொழிற்படுகிறது.

இம் மின்கலம் 1·08 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையைக் கொண்டுள்ளது. மின் இயக்கு விசையின் மதிப்பு மாறாமல் இருக்கும். ஆனால், இதனை நீண்ட நேரத்திற்குப் பயன்படுத்த முடியாது. ஏனெனில், தாமிர சல்ஃபேட் கரைசல் நுண்துளைப் பாத்திரத்தின் வழியே உட்சென்று அங்குள்ள துத்தநாகத் தகட்டுடன் வினைப்பட்டு அதன்மீது செம்பைப் படியச் செய்யும். இதனால் மின்கலம் தொழிற்படுவது பாதிக்கப்படும். மேலும், மின்கலம் தொழிற்படாதபோது நுண்துளைப் பாத்திரத்தை வெளியிலெடுத்துவிட வேண்டும்.

**லெக்லாஞ்சி மின்கலம்**

இதில் அம்மோனியம் குளோரைடு கரைசல் அடங்கிய ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரம் உள்ளது. பாதரசப் பூச்சுக் கொடுக்கப்

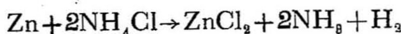



படம்-10·3

பட்டு அம்மோனியம் குளோரைடு கரைசலில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் துத்தநாகத் தண்டு எதிர்மின் வாயாகத் தொழிற்படுகிறது. நேர்மின்வாயான கரிக்கட்டை ஒரு நுண்துளைப் பாத்திரத்தினுள் வைக்கப்பட்டு மாங்கனீஸ்-டை-ஆக்ஸைடும் (manganese-di-oxide) கரிப்பொடியும் கலந்த கலவையால் சூழப்பட்டுள்ளது [படம் 10.3].

துத்தநாகம் அம்மோனியம் குளோரைடு கரைசலுடன் வினைப்பட்டு ஹைட்ரஜன் அயனிகளை உருவாக்குகிறது. ஹைட்ரஜன் அயனிகள் நுண்துளைப் பாத்திரத்தின் வழியே சென்று கரிக்கட்டையை அடைந்து நேர்மின்னூட்டத்தை அளிக்கின்றன. பின்னர் மாங்கனீஸ்-டை-ஆக்ஸைடுடன் வினைப்பட்டு நீராக மாறுகின்றன. இரசாயன வினைகளைப் பின்வரும் சமன்பாடுகளால் குறிக்கலாம்.

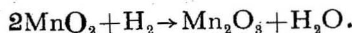
எதிர் மின்வாயில் :



$$Zn + 2NH_4Cl \rightarrow ZnCl_2 + 2NH_3 + H_2$$

அம்மோனியா வாயு, கரைசலில் உள்ள நீரில் கரைந்து விடுகிறது.

நேர்மின் வாயில் :

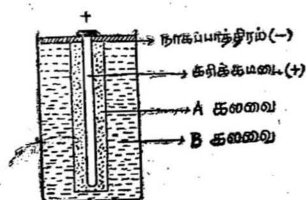


$$2MnO_2 + H_2 \rightarrow Mn_2O_3 + H_2O.$$

இதன் மின் இயக்குவிசை 1·49 வோல்ட்டுகள். இக் கலத்தில் துருவகரண நீக்கி விரைவாகத் தொழிற்படுவதில்லை யாதலால் இதனை நீண்ட நேரம் சேர்ந்தாற்போல் பயன் படுத்தும்போது மின் இயக்குவிசை சிறிது குறையும். எனவே, குறுகிய கால அளவுகளில் அடிக்கடி பயன்படும் தொலைபேசி, மின்சாரமணி போன்ற சாதனங்களில் இது பெரிதும் பயன் படுகிறது.

**பசை மின்கலம்**

இது ஒரு திருத்தியமைக்கப்பட்ட லெக்லாஞ்சி மின்கல மாகும். இதில் துத்தநாகத் தண்டிற்குப் பதில் மெல்லிய துத்த நாகத் தகட்டாலான ஒரு பாத்திரமே எதிர்மின் வாயாகத் தொழிற்படு கிறது. நேர்மின் வாயான கரிக் கட்டை பாத்திரத்தின் நடுவில் வைக்கப்பட்டு மாங்கனீஸ்-டை-ஆக் ஸைடு, கரித்தூள், அம்மோனியம் குளோரைடு, துத்தநாகக் குளோ ரைடு ஆகியவை கலந்த பசை யால் ($A$) சூழப்பட்டுள்ளது. துத்த




படம்–10·4

நாகக் குளோரைடு, பசையை ஈரநிலையில் பாதுகாக்கப் பயன்படுகிறது. இப் பசையைச் சுற்றி அம்மோனியம் குளோரைடும் மாவும் கலந்த பசை ஒன்று ($B$) உள்ளது. இரு பசைகளையும் மெல்லிய துணி ஒன்று பிரிக்கிறது. இவை யாவும் துத்தநாகப் பாத்திரத்தினுள் வைக்கப்பட்டுப் பாத்திரம் நீலக்

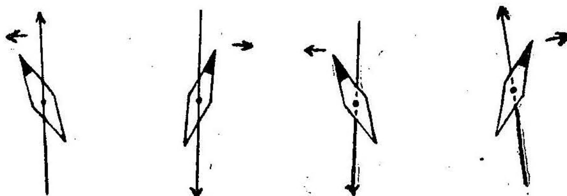
கீலினால் (pitch) மூடப்பட்டிருக்கிறது. கரிக்கட்டையின் முனையுடன் ஒரு பித்தளைக் குமிழ் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. துத்தநாகப் பாத்திரம் கனமான அட்டை உறையினால் மூடப்பட்டுள்ளது. இதன் மின் இயக்கு விசையும் ஏறத்தாழ 1·5 வோல்ட்டுகளாகும். பசை மின்கலத்திற்கும் லெக்லாஞ்சி மின்கலத்திற்கும் ஒரு முக்கிய வேறுபாடு உண்டு. பசை மின்கலத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவுக்கே பயன்படுத்த முடியும். ஆனால், லெக்லாஞ்சி மின்கலத்தை நீண்ட நாள்களுக்குப் பயன்படுத்தலாம்.

இனி அடுத்த பகுதிகளில் மின்னோட்டத்தின் பலன்களைப் பற்றிக் காண்போம்.

**மின்னோட்டத்தின் காந்தப்பலன்** (Magnetic effect)

ஓர்ஸ்டட் என்னும் விஞ்ஞானி 1820 ஆம் ஆண்டு முதன் முதலாக மின்னோட்டந் தாங்கிய ஒரு கடத்தியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலம் இருப்பதைக் கண்டறிந்தார். ஒரு சுழல்காந்த ஊசிக்கு மேலோ கீழோ அதன் அச்சுக்கு இணையாக மின்னோட்டந் தாங்கிய கடத்தி ஒன்றை வைத்தால் காந்தஊசி அதன் இயல்பான நிலையிலிருந்து விலகுவதைக் காணலாம். மின்னோட்ட வலிமை மிகுதியாகும்போது காந்த ஊசி அதிகமாக விலகுகிறது; மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றினால் ஊசியின் விலகுதிசையும் மாறுகிறது. இதிலிருந்து, காந்தப் புலத்தின் வலிமையும் திசையும் மின்னோட்டத்தின் வலிமை, திசை ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளன என்பதை அறியலாம். சுழல்காந்த ஊசியின் வடதுருவம் விலகும் திசை பற்றிய ஒரு விதியை ஆம்பியர் என்ற விஞ்ஞானி நிறுவினார். இதனையே ஆம்பியர் விதி (Ampere's rule) என்று கூறுகிறோம்.

**ஆம்பியர் விதி:** கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டத்

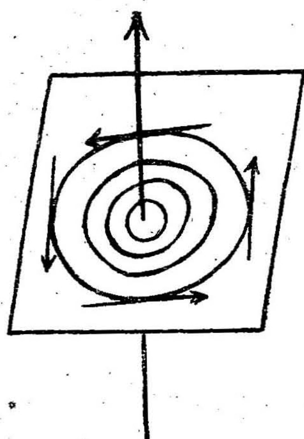


படம் –10·5

திசையில் காந்த ஊசியை நோக்கியவண்ணம் ஒருவன் நீந்துவதாகக் கருதுவோமாயின் காந்த ஊசியின்

வடதுருவம் அவனது இடப்புறம் விலகும். படம் 10.5 கடத்தியின் பல்வேறு நிலைகளுக்குக் காந்த ஊசி விலகும் திசையைக் காட்டுகிறது.

மாக்ஸ்வெல் (Maxwell) என்னும் விஞ்ஞானி மின்னேட்டந் தாங்கிய கடத்தியின் அருகில் விளையும் காந்தப்புலத்தில் விசைக்கோடுகளின் அமைப்பைக் கண்டறிந்தார். அவர் செய்த சோதனைக்கான அமைப்பைப் படம் 10.6-ல் காணலாம்.



படம் 10.6

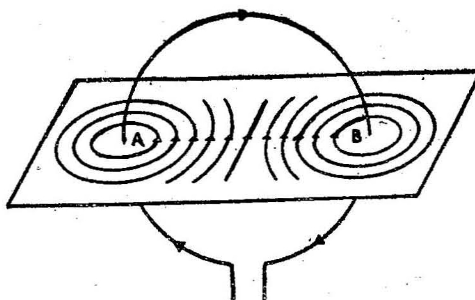
கிடைதளத்தில் வைக்கப்பட்ட ஓர் அட்டையின் வழியே செங்குத்தான ஒரு கம்பி செலுத்தப்பட்டிருக்கிறது. அட்டையின் மீது இரும்புத்தூளைத் தூவி, கம்பியின் வழியே ஒரு மின்னேட்டத்தை ஏற்படுத்தி, அட்டையை லேசாகத் தட்டினல் இரும்புத்தூள் கடத்தியைப் பொதுமையமாகக் கொண்ட வட்டங்களின் வழியே குவிவதைக் காணலாம். எனவே, கடத்தியைச் சுற்றிக் காந்தவிசைக் கோடுகள் கடத்தியைப் பொதுமையமாகக் கொண்ட வட்டங்களாக அமைகின்றன என்று அறியலாம். காந்த விசைக் கோடுகளின் திசையை மாக்ஸ்வெலின் திருகு விதி (Maxwel's Corkscrew rule) என்னும் விதியால் அறியலாம்.

**மாக்ஸ்வெல்லின் திருகு விதி :** கடத்தியின் வழியே மின்னேட்டத்தின் திசையில் வலஞ்சுழித் திருகு (right handed screw) ஒன்றைச் செலுத்துவதாகக் கொள்வோமானல் திருகு சுழலும் திசை, காந்தப்புலத்தில் எப் புள்ளியிலும் புலத்தின் திசையைக் குறிக்கும்.

### வட்டவடிவக் கடத்தி அல்லது கம்பிச்சுருள் ஒன்றின் வழியே செல்லும் மின்னேட்டத்தினல் விளையும் காந்தப்புலம்

கிடைதளத்தில் அமைக்கப்பட்ட ஓர் அட்டையில் $A$, $B$ என்ற துளைகள் வழியே செல்லுமாறும், மையம் அட்டையில் இருக்குமாறும் ஒரு வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருளைச் செங்குத்தாக

அமைக்கவும் [படம் 10.7]. அட்டையின்மீது இரும்புத்தூளைத் தூவி, கடத்தியின் வழியே ஒரு வலிமை மிக்க மின்னோட்டத்




படம் 10.7

தைச் செலுத்தி அட்டையை லேசாகத் தட்டினால் படம் 10.7-ல் காட்டியுள்ளபடி $A$ஐயும் $B$ஐயும் பொது மையங்களாகக் கொண்ட வட்டங்களில் இரும்புத் தூள்கள் குவிவதைக் காணலாம். இவை காந்தப்புலத்தில் விசைக்கோடுகளின் அமைப்பைத் தருகின்றன. கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் விசைக் கோடுகள் ஏறத்தாழ இணைகோடுகளாக அமைந்திருப்பதைக் காணலாம். இது கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் காந்தப்புலம் சீராக இருப்பதைக் குறிக்கின்றது. மேலும், காந்தப்புலம் கம்பிச்சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகச் செயற்படுகிறது.

கடத்தியில் $A$ என்ற புள்ளியில் மின்னோட்டம் மேல் நோக்கியும், $B$ என்ற புள்ளியில் மின்னோட்டம் கீழ்நோக்கியும் நிகழ்வதால் மாக்ஸ்வெல்லின் திருகுவிதியின் அடிப்படையில் நோக்குவோமானால் கம்பிச்சுருளுக்குள் விசைக்கோடுகள் ஒரே திசையை நோக்கியிருப்பது விளங்கும். கம்பிச்சுருளின் தளத்திற்கு நேர்குத்துத் திசையில் ஒருவர் சுருளை நோக்கும் போது அதில் மின்னோட்டம் கடிகாரத் திசையில் நிகழுமானால் சுருளின் மையத்தில் காந்தப்புலம் அவரைவிட்டு விலகியும், மின்னோட்டம் கடிகார எதிர்த்திசையில் நிகழுமானால் அவரை நோக்கியும் செயற்படும்.

**மின்னோட்டந்தாங்கிய கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் உருவாகும் காந்தப் புலத்தின் வலிமை**

கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் உருவாகும் காந்தப்புலத்தின் வலிமையைப் பற்றிய பின்வரும் உண்மைகளை லாப்லஸ்

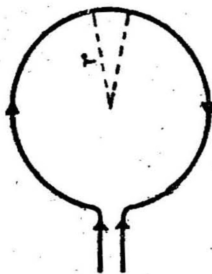
(Laplace) என்னும் விஞ்ஞானி சோதனை மூலம் கண்டறிந்தார். அவைகளை இணைத்து லாப்லஸ் விதி கூறப்படுகிறது.

**லாப்லஸ் விதி**

**மின்னோட்டந்தாங்கிய கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் உருவாகும் காந்தப்புலத்தின் வலிமை :**

**1. மின்னோட்டத்தின் வலிமைக்கு $(i)$ நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது.**

**2. சுருளில் உள்ள கடத்தியின் நீளத்திற்கு $(l)$ நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது.**




படம் 10.8

**3. கம்பிச்சுருளின் ஆரத்தின் இருமடிக்கு $(r)$ எதிர்விகிதத்திலிருக்கிறது.**

காந்தப்புலத்தின் வலிமை $F$ அலகுகளானல்

லாப்லஸ் விதிப்படி,

$$F \propto \frac{il}{r^2}$$

அல்லது $F = \frac{Kil}{r^2}$; $K$ என்பது ஒரு மாறிலி.

$K$-ன் மதிப்பு ஒருமம் ஆகுமாறு ஓரலகு மின்னோட்டம் வரையறுக்கப்படுகிறது.

ஒரு சென்டிமீட்டர் ஆரமுடைய வட்டவில்லின் வடிவில் அமைக்கப்பட்ட ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளமுள்ள கடத்தியின் வழியே செல்லும்போது வட்டமையத்தில் ஒரு ஓர்ஸ்ட்டட் காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் மின்னோட்டம் ஒரு மெட்ரிக் அலகு மின்னோட்டமாகும்.

இதனையே மின்னோட்டத்தின் மின்காந்த அலகு (electro magnetic unit of current) எனவும் கூறலாம்.

மேற்கண்ட வரையறையின்படி

$l = 1$ செ.மீ.
$r = 1$ செ.மீ.
$F = 1$ ஓர்ஸ்ட்டட் ஆயின்
$i =$ ஒரு மெட்ரிக் அலகு ஆகும்.

$$\therefore \quad 1 = \frac{K \times 1 \times 1}{1^2}$$

அல்லது $K = 1$

எனவே, $F = \frac{il}{r^2}$

கம்பிச்சுருளில் $n$ சுற்றுகள் இருப்பின்

$l = 2\pi r n$ ஆகும்.

$$\therefore \quad F = \frac{i\,2\pi rn}{r^2}$$

அதாவது $F = \frac{2\pi ni}{r}$ ஓர்ஸ்ட்டடுகள் ..............ச. 10.1

மின்னோட்டத்தின் மெட்ரிக் அலகு நடைமுறைக்குப் பெரியதாயிருப்பதால் நடைமுறையில் மின்னோட்டத்தை ஆம்பியர் (ampere) என்னும் அலகினைப் பயன்படுத்தி அளக்கிறோம்.

ஓர் ஆம்பியர் $= \frac{1}{10}$ மெட்ரிக் அலகு.

கம்பிச் சுருளின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் $C$ ஆம்பியர் எனக் கொள்வோமானால்,

$$F = \frac{2\pi nc}{10r} \text{ ஓர்ஸ்ட்டடுகள் ............ ச.10.2}$$

காந்தப்புலத்தின் திசையை முன்னர் கூறியவாறு அறிந்து கொள்ளவேண்டும்.

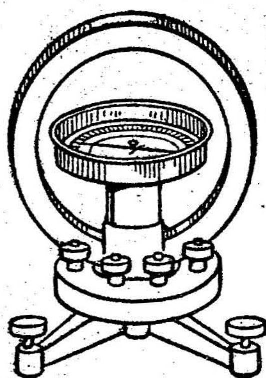
**டான்ஜென்ட் கால்வனுமீட்டர்** (Tangent galvanometer)

ஒரு மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறதா என்பதை அறிய கால்வனுமீட்டர்கள் பயன்படுகின்றன. அந்த மின்னோட்டத்தை அளக்க அம்மீட்டர்கள் (ammeters) பயன்படுகின்றன.

கம்பிச்சுருளின் வழியே ஒரு மின்னோட்டம் நிகழும்போது அதன் மையத்தில் அதன் தளத்திற்கு நேர்குத்துத் திசையில் ஒரு காந்தப்புலம் உருவாகிறது என்னும் கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக்கொண்டது டான்ஜென்ட் கால்வனுமீட்டர்.

டான்ஜென்ட் கால்வனுமீட்டரில் கிடைதளத்தில் அமைக்கப்பட்ட பீடத்தில் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்ட ஒரு வட்டவடிவச் சட்டம் (circular frame) உள்ளது. பீடம்

சரிமட்டத் திருகாணிகளின்மீது அமைக்கப்பட்டுள்ளது [படம் 10.9]. வட்டவடிவச் சட்டத்தில் வெவ்வேறு சுற்றெண்ணிக்கைகள் கொண்ட மூன்று கம்பிச்சுருள்கள் உள்ளன. சுருள்களின் முனைகள் பீடத்திலுள்ள இணைப்புத் திருகுகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வட்டவடிவச் சட்டத்தை அதன் மையம், பீடத்தின் மையம் ஆகியவற்றின் வழியே செல்லும் செங்குத்தான அச்சைப் பற்றிச் சுழற்ற முடியும். வட்டவடிவச் சட்டத்தின் மையத்தில் ஒரு காந்த ஊசிப் பெட்டி, காந்த ஊசியின் மையம் சட்டத்தின் மையத்தோடு ஒன்றுமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



படம் 10.9

இனி, இதனைக்கொண்டு ஒரு மின்சுற்றில் நிகழும் மின்னோட்டத்தை எவ்வாறு அளவிடுவது என்று காண்போம்.

மின்னோட்டத்தை அளவிடப் பயன்படுத்துமுன் இதனைப் பின்வருமாறு சீரமைக்க வேண்டும்.

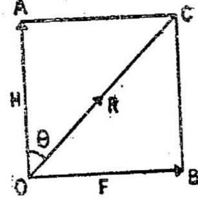
(i) முதலில் பீடம் கிடைதளத்தில் இருக்குமாறு, அதாவது, கம்பிச் சுருளின் தளம் செங்குத்துத் தளத்தில் இருக்குமாறு அமைக்க வேண்டும். சரிமட்டத் திருகாணிகளைக் கொண்டு ரசமட்டத்தின் (spirit level) உதவியால் இதனைச் செய்யலாம்.

(ii) அடுத்துக் கம்பிச் சுருளின் தளம் காந்தத் துருவத்தளத்திற்கு இணையாக இருக்குமாறு அதாவது, சுழல்காந்த ஊசியின் அச்சுக்கு இணையாக இருக்குமாறு அமைக்க வேண்டும்.

(iii) பின்னர் காந்த ஊசிப் பெட்டியை மட்டும் சுழற்றி அலுமினியக் குறிமுள்ளின் முனைகள் வட்ட அளவுகோலின் சுழிக் குறியீடுகளுக்கு நேராக இருக்குமாறு செய்யவேண்டும்.

கம்பிச் சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் செல்லாதிருக்கும் போது காந்த ஊசி புவிக்காந்தப்புல கிடைதள வலிமைக் கூட்பட்டுக் காந்தத் துருவத்தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும். மேற்கண்டவாறு சீரமைக்கப்பட்ட டான்ஜென்ட் கால்வனு

மீட்டரை அளவிடப்பட வேண்டிய மின்னோட்டம் நிகழும் மின்சுற்றில் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்க வேண்டும். கம்பிச் சுருளின் வழியே இப்போது மின்னோட்டம் நிகழ்வதால் அதன் மையத்தில் அதன் தளத்திற்கு நேர்குத்துத் திசையில் ஒரு காந்தப்புலம் உருவாகும். கம்பிச் சுருளின் ஆரம் $r$, அதன் சுற்றெண்ணிக்கை $n$, அதன்வழிச் செல்லும் மின்னோட்டம் $C$ ஆம்பியர் எனக் கொள்வோமாயின், அதன் மையத்தில் உருவாகும் காந்தப்புலத்தின் வலிமை $(F)$, $\frac{2\pi nC}{10r}$ ஓர்ஸ்ட்டடுகள் ஆகும். இந்தக் காந்தப் புலமும் புவிக்காந்தப்புலமும்$(H)$ காந்த ஊசியின் மையத்தில் ஒன்றுக்கொன்று நேர்குத்துத் திசையில் செயற்படுவதால் காந்த ஊசி அதன் இயல்பான நிலையிலிருந்து இவ்விரு புலங்களின் தொகுபயன் திசைக்கு விலகும். அது $\theta°$ விலகுவதாகக் கொள்வோம்.



படம் 10.10

படம் 10.10-ல் $OA$, $H$ஐயும் $OB$, $F$ஐயும் குறிப்பதாகக் கொள்வோமானால் இணைகர விதிப்படி அவற்றின் தொகுபயன் $OC$ வழியே செயற்படும். எனவே, காந்த ஊசி $OC$ திசைக்கு விலகும்.

கோணம் $A\hat{O}C = \theta$ ஆயின், $F = H\tan\theta$ ஆகும்.

அதாவது, $$\frac{2\pi nc}{10r} = H\tan\theta$$

$$\therefore \quad C = \frac{10rH}{2\pi n}\tan\theta \qquad \text{.........ச. 10.3}$$

ஒரு குறிப்பிட்ட கம்பிச்சுருளின் ஆரம், சுற்றெண்ணிக்கை ஆகியவை மாறிலிகளாதலால் $\frac{10rH}{2\pi n}$-ன் மதிப்பு ஒரு மாறிலி $(K)$ ஆகும்.

எனவே, $$C = K\tan\theta \qquad \text{............ச. 10.4}$$

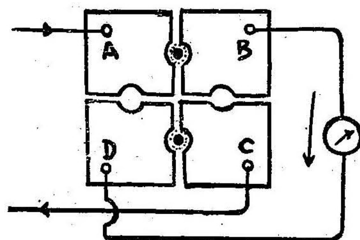
$K$ என்பது டான்ஜென்ட் கால்வனுமீட்டரின் சுருக்கக் காரணி (reduction factor) எனப்படும்.

ஆகவே, கம்பிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் நிகழும் போது காந்த ஊசியின் விலகலை அறிந்தால் மேற்கூறிய சமன்பாட்டின் உதவியால் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பை அறியலாம்.

சோதனையின்போது கால்வனுமீட்டரின் வழியே மின்னேட்டத்தைச் செலுத்தி அலுமினியக் குறிமுள்ளின் இரு முனைகளும் குறிக்கும் அளவீடுகளைப் பதிவு செய்துகொள்ள வேண்டும். இதனால் காந்த ஊசியின் மையம் அல்லது சுழல் தானம் வட்டக்கோலின் மையத்தோடு ஒன்றுதிருக்குமானல் ஏற்படும் பிழையைத் தவிர்க்கலாம். பின்னர் கம்பிச்சுருளில் மின்னேட்டத்தின் திசையை மாற்றவேண்டும். இப்போது காந்த ஊசி எதிர்த்திசையில் விலகும். திரும்பவும் அலுமினியக் குறிமுள்ளின் முனைகள் குறிக்கும் அளவீடுகளைப் பதிவு செய்ய வேண்டும். இதனால் கம்பிச்சுருளின் தளம் காந்தத் துருவத்தளத்திற்கு இணையாக இல்லாதிருக்குமானல் ஏற்படும் பிழையைத் தவிர்க்கலாம். மேற்கூறிய நான்கு அளவீடுகளின் சராசரியைக் ($\theta$) கணக்கிட்டு $C = K \tan \theta$ என்னும் வாய்பாட்டின் மூலம் $C$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

கால்வனுமீட்டரின் வழியே மின்னேட்டத்தின் திசையை மாற்றுவதற்கேற்ப அது எப்போதும் திசைமாற்றி (commutator) ஒன்றின் வழியாகவே இணைக்கப்படும்.

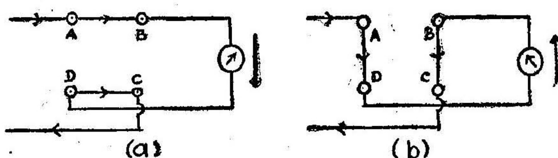
திசைமாற்றியின் அமைப்பைப் படம் 10.11-ல் காணலாம். இதில் $A$, $B$, $C$, $D$ என்ற நான்கு பித்தளைக் கட்டைகள் ஒன்றை




படம் 10.11

யொன்று தொடாமல் எபொனைட் பலகை ஒன்றின்மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொன்றிலும் ஓர் இணைப்புத் திருகு உண்டு. அடுத்தடுத்த இரு பித்தளைக் கட்டைகளை அவைகளுக் கிடையேயுள்ள இடைவெளியில் ஒரு பித்தளை முளையைச் செருகுவதன் மூலம் இணைக்கலாம். எதிரெதிராயமைந்த இரு கட்டைகளை ($A$, $C$) டான்ஜென்ட் கால்வனுமீட்டருடனும் ($T.G.$) மற்ற இரு கட்டைகளை ($B$, $D$) மின் சுற்றுடனும் இணைக்க வேண்டும். $A$ஐ $B$உடனும், $C$ஐ $D$ உடனும் இணைக்கும்போது கால்வனுமீட்டரில் மின்னேட்டம்

ஒரு திசையிலும் [படம் 10.12*a*] *A*ஐ *D*–உடனும், *B*ஐ *C*–உடனும் இணைக்கும்போது மின்னோட்டம் எதிர்த் திசை



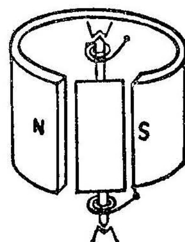

படம் –10·12

யிலும் [படம் 10.12*b*] நிகழும். திசைமாற்றியானது கால்வனு மீட்டரின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தின் திசையை மட்டும் மாற்றுவதையும், மின் சுற்றின் மற்றப் பகுதிகளில் திசைமாருமல் இருப்பதையும் காணலாம்.

**இயங்கு கம்பிச் சுருள் கால்வனு மீட்டர்** (Moving coil galvanometer)

மின்னோட்டத்தைக் கொண்டுள்ள ஓர் உலோகக் கம்பியைக் காந்தப் புலத்தில் வைத்தால் உலோகக் கம்பி இயங்கும் என்னும் கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டு அமைக்கப்பட்டது இயங்கும் கம்பிச்சுருள் கால்வனு மீட்டராகும்.

இலேசான, உலோகத்தாலான செவ்வக வடிவச் சட்டத்தில் சுற்றப்பட்ட ஒரு காப்பிடப்பட்ட கம்பிச்சுருள் ஒரு லாட காந்தத்தின் இரு முனைகளுக்கிடையில் உள்ள ஆர வகைக் (radial) காந்தப் புலத்தில் வைக்கப் பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருள் காந்தப் புலத்தில் எளிதில் அசையுமாறு சுழல் தானங்களில் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இதன் அசைவு இரு நுண்ணிழை விசைச் சுருள்களால் (hair springs) கட்டுப்படுத்தப் படுகிறது. விசைச் சுருள்கள் கம்பிச் சுருளுக்கு மின்னோட்டத்தைக் கடத்தவும் பயன்படுகின்றன. கம்பிச்சுருளுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒரு மெல்லிய குறிகாட்டி அளவுகோல் (dial) ஒன்றின் மீது அசைகிறது [படம் 10.13].




படம் 10.13

கம்பிச் சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் இல்லாதபோது சுருளின் தளம் காந்தப்புலத் திசையில் இருக்கும். குறிகாட்டி

அளவுகோலில் (dial) சுழியைக் குறிக்கும். சுருளின் வழி மின்னோட்டம் நிகழும்போது காந்தப் புலத்திற்கு நேர்குத்தா யமைந்த அதன் இரு கரங்களிலும் எதிர்த்திசைகளில் மின்னோட்டம் நிகழ்வதால் அவற்றின்மீது இரு சமமான விசைகள் எதிர்த் திசைகளில் செயற்பட்டு இரட்டை யொன்றை உருவாக்கும். எனவே, கம்பிச் சுருளும் அதன் பயனாய் குறி முள்ளும் அசையும். அதன் அசைவு விசைச் சுருள்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுவதால் விலகிய நிலையில் நிற்கும். கம்பிச் சுருள் விலகும் அளவு அதன் வழிச் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவைப் பொறுத்ததாகும். எனவே, மின்னோட்டம் அதிகமாகும்போது குறிமுள் அதிகமாக அசையும்.

மின்னோட்டத்தின் அலகினைப்பற்றி முன்னரே அறிந்தோம். இனி மின்சாரம், மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகியவற்றின் அலகுகளைப் பற்றியும் அறிந்து கொள்வது இன்றியமையாததாகிறது.

**மின்சாரத்தின் அளவு** (Quantity of electricity)

மின்னோட்டம் என்பது கடத்தியின் குறுக்குப் பரப்பின் வழியே வினாடி நேரத்தில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவை அல்லது மின்சாரத்தின் அளவைக் குறிக்கும்.

மின்சாரத்தின் நடைமுறை அலகு கூலம் (coulomb) எனப்படும்.

ஒரு கடத்தியின் வழியே ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செல்லும்போது ஒரு வினாடியில் அதன் வழியே செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவு ஒரு கூலம் ஆகும்.

ஒரு கடத்தியின் வழியே $C$ ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செல்லுமாயின் $t$ வினாடியில் அதன் வழியே செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவு,

$Q = c \times t$ கூலம் ஆகும்.

மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின் இயக்கு விசை ஆகியவற்றிற்கான நடைமுறை அலகு வோல்ட் எனப்படும்.

மின்னழுத்த வேறுபாடுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கிடையே மின்னோட்டம் நிகழும்போது வேலை செய்யப்படுகிறது. செய்யப்படும் வேலையின் அளவு மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்

னோட்டத்தின் அளவு, மின்னோட்டம் நிகழும் காலம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்ததாகும்.

$E$ அலகு மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட இரு புள்ளிகளுக்கிடையே $c$ ஆம்பியர் மின்னோட்டம் $t$ விநாடி நேரத்திற்கு நிகழுமாயின் செய்யப்பட்ட வேலை,

$W = E\,c\,t$ எர்குகள்

அல்லது $W = E\,Q$ எர்குகள்

அதாவது $E = \frac{W}{Q}$

இனி, $W=1$ ஜூல், $Q=1$ கூலம் ஆயின், $E=$மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் ஒரு நடைமுறை அலகு, அதாவது ஒரு வோல்ட் ஆகும்.

எனவே, ஒரு கடத்தியின் வழியே ஒரு கூலம் மின்சாரம் செல்லும்போது ஒரு ஜூல் வேலை செய்யப்படுமாயின் அக் கடத்தியின் இரு முனைகளுக் கிடையேயுள்ள மின் னழுத்த வேறுபாடு ஒரு வோல்ட் ஆகும்.

**ஓமின் விதி** (Ohm's law)

ஒரு கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின் னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் அதன் வழியே நிகழும் மின் னோட்டத்திற்கும் உள்ள தொடர்பை ஓமின் விதி தருகிறது.

மாறு வெப்பநிலையில் ஒரு கடத்தியின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் அதன் முனைகளுக் கிடையேயுள்ள மின் னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது.

கடத்தியின் இரு முனைகளுக் கிடையே $E$ வோல்ட் மின் னழுத்த வேறுபாடு நிறுவப்படும்போது அதன் வழி நிகழும் மின்னோட்டம் $C$ ஆம்பியர் ஆயின்,

ஓமின் விதிப்படி $C \propto E$

அல்லது $C = \frac{E}{R}$ .........ச.10.5

சமன்பாட்டில் $R$ என்பது ஒரு மாறிலி. அது கடத்தியின் மின்தடை (resistance) எனப்படும்.

மேற்கூறிய சமன்பாட்டை

$$R = \frac{E}{C}$$

என்று எழுதலாம்.

இனி $E=1$ வோல்ட், $C=1$ ஆம்பியர் ஆயின், $R=1$ ஆகும்.

மின்தடைக்கான நடைமுறை அலகு ஓம் (Ohm) எனப்படும்.

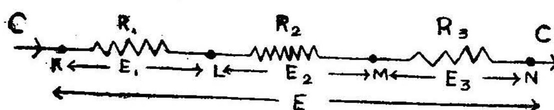
**ஒரு கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கிடையே ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு நிறுவப்படும்போது அதன் வழிச் செல்லும் மின்னோட்டம் ஓர் ஆம்பியர் ஆயின் அக் கடத்தியின் மின்தடை ஓர் ஓம் எனப்படும்.**

**மின்தடைகளை இணைத்தல்** (Grouping of resistances)

மெல்லிய நீளமான கம்பியை மின்தடை என்றும் அழைக்கலாம். ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மின்தடைகளைத் தக்க முறையில் இணைப்பதன் மூலம் மிகுதியான மின்தடையையோ அல்லது குறைவான மின்தடையையோ பெற முடியும்.

**தொடரிணைப்பு முறை** (Series grouping)

இம் முறையில் மின்தடைகள் அடுத்தடுத்து முனைக்குமுனை இணைக்கப்படுகின்றன [படம் 10.14]. படத்தில் முறையே




படம் - 10·14

$R_1$, $R_2$, $R_3$ அலகுகள் மின்தடை கொண்ட $KL$, $LM$, $MN$ என்ற கடத்திகள் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. $K$-க்கும் $N$-க்கும் இடையே $E$ வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்த வேறுபாடு நிறுவப்படும்போது அவைகளின் வழியே $C$ ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செல்வதாகக் கொள்வோம். $R_1$, $R_2$, $R_3$ ஆகியவற்றின் முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் முறையே $E_1$, $E_2$, $E_3$ என்றால்

$$E = E_1 + E_2 + E_3.$$

ஆனால், ஓமின் விதிப்படி

$$E_1 = CR_1$$
$$E_2 = CR_2$$
$$E_3 = CR_3$$
$$\therefore \quad E = CR_1 + CR_2 + CR_3$$

$K$-க்கும் $N$-க்குமிடையே $R_1$, $R_2$, $R_3$-க்குப் பதிலாக அதன் வழியே $C$ ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செலுத்தவல்ல $R$ என்ற ஒற்றை மின்தடையைக் கருதுவோமானால் $R$ என்பது $R_1$, $R_2$, $R_3$ ஆகியவற்றின் இணைமாற்று மின்தடை (effective resistance) எனப்படும்.

மேலும், $E = CR$

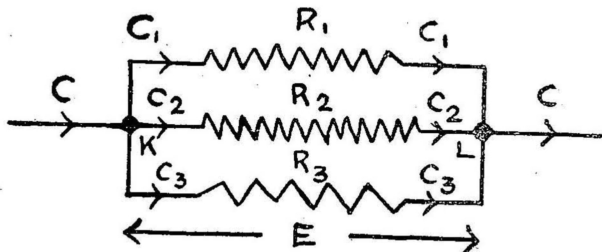
எனவே, $CR = CR_1 + CR_2 + CR_3$

$\therefore \quad R = R_1 + R_2 + R_3$ ............ச. 10.6

அதாவது, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மின்தடைகள் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்படும்போது அவைகளின் இணைமாற்று மின்தடை அவற்றின் கூட்டுப்பலனாகும்.

**பக்க இணைப்பு முறை** (Parallel grouping)

இம்முறையில் மின் தடைகளின் ஒத்த முனைகள் அதே இரு புள்ளிகளுக்கிடையே இணைக்கப்படுகின்றன [படம் 10.15].




படம் 10.15

படத்தில் $R_1$, $R_2$, $R_3$ என்ற மின்தடைகள் $K$, $L$ என்ற புள்ளிகளுக்கிடையே இணைக்கப்பட்டுள்ளன. $K$, $L$ ஆகியவற்றிற்கிடையே $E$ வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்த வேறுபாடு நிறுவப்படும்போது அவற்றின் வழிச்செல்லும் மொத்த மின்னோட்டம் $C$ ஆம்பியர் எனக் கொள்வோம். இம் மின்னோட்டம் $K$-லிருந்து $R_1$, $R_2$, $R_3$ ஆகியவற்றின் வழியாக முறையே $C_1$, $C_2$, $C_3$ எனப் பிரிந்து செல்லும்.

எனவே, $C = C_1 + C_2 + C_3$.

ஓமின் விதிப்படி,

$$C_1 = \frac{E}{R_1}$$

$$C_2 = \frac{E}{R_2}$$

$$C_3 = \frac{E}{R_3}$$

$$C = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$$

$K$-க்கும் $L$-க்குமிடையே $R_1$, $R_2$, $R_3$-க்குப் பதிலாக $C$ ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும் $R$ என்ற ஒற்றை மின்தடை ஒன்றைக் கருதுவோமானால் $R$ என்பது $R_1$, $R_2$, $R_3$ ஆகியவற்றின் இணைமாற்று மின்தடை எனப்படும்.

மேலும். $C = \frac{E}{R}$

எனவே, $\frac{E}{R} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$

$\therefore \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ ...............ச 10.7

அதாவது, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மின்தடைகள் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைக்கப்படும்போது அவற்றின் இணை மாற்று மின்தடையின் தலைகீழ் மதிப்பு, அவை ஒவ்வொன்றின் தலைகீழ் மதிப்புகளின் கூட்டுப்பலனாகும்.

**ஒரு கடத்தியின் மின்தடை**

$l$ செ.மீ. நீளமும், $A$ ச.செ.மீ. குறுக்குப் பரப்புங்கொண்ட ஒரு கடத்தியைக் கருதுவோம்.

ஒரு கடத்தியின் மின்தடை அதன் நீளத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கிறது. அதாவது, $R \propto l$.

மாறாக, ஒரு கடத்தியின் மின்தடை அதன் குறுக்குப் பரப்பிற்கு எதிர் விகிதத்திலிருக்கிறது.

அதாவது, $R \propto \frac{1}{A}$

எனவே, $R \propto \frac{l}{A}$

அல்லது $R = s\frac{l}{A}$ ...............ச. 10.8

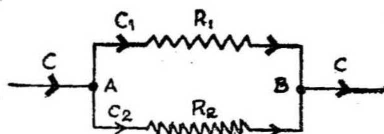
சமன்பாட்டில் $s$ என்பது ஒரு மாறிலி. அது கடத்தியின் மின்தடை எண் (specific resistance) எனப்படும்.

மேற்கூறிய சமன்பாட்டில் $l = 1$ செ.மீ., $A = 1$ ச.செ.மீ. ஆயின், $s = R$ ஆகும்.

எனவே, ஒரு பொருளின் **மின்தடை எண்** என்பது அப் பொருளால் ஆக்கப்பட்ட ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளமும், ஒரு சதுர செ.மீ. குறுக்குப் பரப்பும் கொண்ட ஒரு க.செ.மீ. கடத்தியின் மின்தடைக்குச் சமமாகும்.

மின்தடை எண் ஓம்/செ.மீ.[3] என்னும் அலகினுல் குறிப் பிடப்படும்.

**பக்க இணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்ட மின்தடை களில் மின்னேட்டம்**




படம்–10·16

படம் 10.16–ல் $R_1$, $R_2$ என்பன $AB$ என்ற புள்ளிகளுக் கிடையில் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்ட மின் தடைகள். அவைகளின் வழியே செல்லும் மொத்த மின் னேட்டம் $C$ எனவும், $R_1$, $R_2$ வழிச் செல்லும் மின்னேட்டங்கள் முறையே $C_1$, $C_2$ எனவும் கொள்வோமானுல், $C = C_1 + C_2$.

மேலும், ஓமின் விதிப்படி, $A$–க்கும் $B$–க்குமிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$C_1R_1 = C_2R_2$$

$$\therefore \quad C_1R_1 = (C-C_1)R_2$$

அதாவது, $C_1(R_1+R_2) = CR_2$

$$C_1 = C\frac{R_2}{R_1+R_2}$$

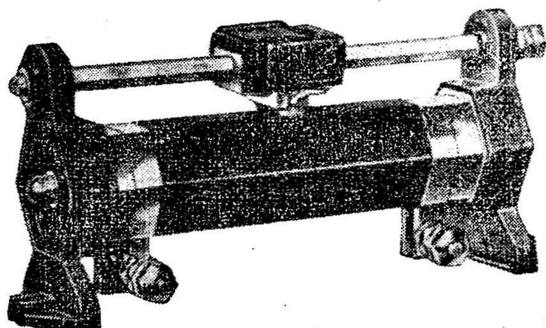
மேலும், $$C_2 = C\frac{R_1}{R_1+R_2}$$ ............ச. 10.9

எனவே, பக்க இணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்ட இரு மின்தடைகளுள் ஒன்றின் வழிச் செல்லும் மின்னேட்டம்

$$= \text{மொத்த மின்னேட்டம்} \times \frac{\text{இரண்டாவது மின்தடை}}{\text{மொத்த மின்தடை}}$$

**மின் தடை மாற்றி** (Rheostat)

மின்சுற்றுகளில் மின்தடை மாற்றி ஒரு முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. மின்சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டத்தை மாற்ற இது பயன்படுகிறது. இதில் மின்கடத்தாப் பொருளாலான ஒரு குழாயின்மீது ஒரு நீண்ட கம்பிச்சுருள் சுற்றப்பட்டுச் சுருளின் இரு முனைகளும் $AB$ என்ற இணைப்புத் திருகுகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கம்பிச் சுருளின் நீளத்திற்கு இணையாக அமைக்கப்பட்ட $CD$ என்ற ஓர் உலோகத்தண்டின் வழியே



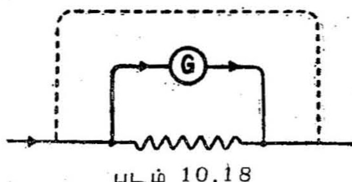
படம் 10.17

கம்பிச் சுருளைத் தொட்டவாறு இயங்கும் ஓர் உலோக இணைப்பு உள்ளது [படம் 10.17]. உலோகத் தண்டின் ஒரு முனையில் உள்ள இணைப்புத் திருகின் வழியாக இயங்கும் உலோக இணைப்பை மின்சுற்றில் இணைக்கலாம். உலோக இணைப்பைக் கம்பிச்சுருளின் மீது நகர்த்துவதன் மூலம் மின்சுற்றில் இணைக்கப்படும் கம்பிச்சுருளின் நீளத்தை, எனவே, மின் தடையை மாற்றலாம்.

**அம்மீட்டரும் வோல்ட் மீட்டரும்** (Ammeter and Voltmeter)

**அம்மீட்டர் :** ஒரு மின்சுற்றில் நிகழும் மின்னோட்டத்தை அளவிட ஆம்பியர் மீட்டர், அதாவது, அம்மீட்டர் பயன்படுகிறது. இது இயங்கு கம்பிச்சுருள் கால்வனு மீட்டரை அடிப்படையாகக் கொண்டது. இதனை எப்போதும் மின்சுற்றில் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கவேண்டும். இதனை மின்சுற்றில் இணைப்பதால் சுற்றிலுள்ள மின்தடை, அதன் பயனாய் அளவிடப்பட வேண்டிய மின்னோட்டம் மாறுமலிருக்கும் வகையில் இதன் மின்தடை மிகவும் குறைவாய் இருக்கும்.

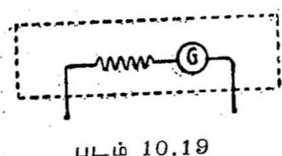
இயங்கு கம்பிச்சுருள் மின்னோட்டங் காட்டியுடன் மிகக் குறைந்த மின்தடை ஒன்றைப் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைத்து அதனை அம்மீட்டராக மாற்றலாம் [படம் 10.18]. இத்தகைய அமைப்பிலுள்ள கால்வனு மீட்டரின் அளவுகோலில் ஆம்பியர் அளவுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 10.18

**வோல்ட்மீட்டர் :** ஒரு மின்சுற்றில் இரு புள்ளிகள் அல்லது ஒரு கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, ஒரு மின்கலத்தின் மின் இயக்குவிசை ஆகியவற்றை அளவிட வோல்ட் மீட்டர் பயன்படுகிறது. இதுவும் இயங்கு கம்பிச்சுருள் கால்வனு மீட்டரை அடிப்படையாகக் கொண்டது. இதனை எப்போதும் மின் சுற்றிற்கு அல்லது கடத்திக்கு இணையாக இணைக்க வேண்டும். இதனை மின்சுற்றிற்கு இணையாக இணைக்கும்போது சுற்றில் நிகழும் மின்னோட்டம் மாருமல் இருக்கும் வகையில் இதன் மின்தடை மிகவும் அதிகமாக இருக்கும்.

இயங்கு கம்பிச் சுருள் கால்வனு மீட்டருடன் மிக அதிக மின்தடை ஒன்றைத் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைத்து அதனை வோல்ட் மீட்டராக மாற்றலாம் [படம் 10.19]. இத்தகைய அமைப்பிலுள்ள கால்வனு மீட்டரின் அளவுகோலில் வோல்ட் அளவுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

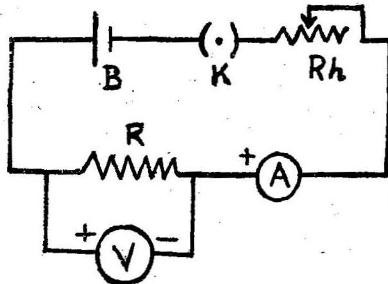


படம் 10.19

## ஓமின் விதியை மெய்ப்பித்தல்

ஒரு மின்கலம் $(B)$, அம்மீட்டர் $(A)$, ஒரு கம்பிச்சுருள் [மின் தடை $(R)$], ஒரு மின்தடைமாற்றி $(Rh)$, ஒரு முளைச்சாவி (plug key—$K$) ஆகியவற்றைத் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைத்து ஒரு மின்சுற்றை அமைத்துக் கொள்ளவும். கம்பிச் சுருளுக்கு இணையாக ஒரு வோல்ட் மீட்டரை இணைக்கவும் [படம் 10.20]. அம்மீட்டர், மின்சுற்றில் மின்னோட்டத்தையும், வோல்ட் மீட்டர், கம்பிச் சுருளின் இரு முனைகளுக் கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டையும் அளவிடப் பயன்படுகின்றன.

முனைச்சாவியில் முளையைச் சொருகி மின் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை உருவாக்கவும். மின்தடை மாற்றியின் உதவியால் மின்னோட்டத்தின் அளவைத் தக்க அளவுக்கு




படம் 10.20

மாற்றி, அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர் ஆகியவற்றின் அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.

அளவீடுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தி, கம்பிச் சுருளின் இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும், மின்னோட்டத்திற்குமுள்ள தகவை $\left(\frac{E}{C}\right)$ ஒவ்வொரு முறையும் கணக்கிடவும்.

| சோதனை எண் | அம்மீட்டர் அளவீடு $C$ ஆம்பியர் | வோல்ட் மீட்டர் அளவீடு $E$ வோல்ட் | $\frac{E}{C}$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

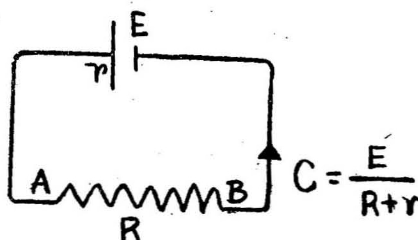
அட்டவணையிலிருந்து $\frac{E}{C}$-ன் மதிப்பு மாருதிருப்பதைக் காணலாம். இது ஓமின் விதியை மெய்ப்பிக்கிறது.

மேலும் $\frac{E}{C}$-ன் சராசரி மதிப்பு கம்பிச் சுருளின் மின் தடையைக் கொடுக்கும்.

எனவே, இம் முறையில் ஒரு கடத்தியின் மின் தடையையும் காணலாம்.

**மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையும், அதன் முனைகளுக்கு இடையே நிலவும் பயனுறு மின்னழுத்த வேறுபாடும்**

$E$ வோல்ட் மின்னியக்கு விசை கொண்ட ஒரு மின் கலத்தை $R$ ஓம் மின்தடை கொண்ட $AB$ என்ற ஒரு கடத்தியுடன் இணைப்பதாகக் கொள்வோம் [படம் 10.21]. மின்கலம்




படம் 10.21

கடத்தியின் வழியே ஒரு மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும். இந்த மின்னோட்டம் மின்கலத்தின் வழியாகவும் நிகழ்வதால் கலமும் ஒரு மின்தடையைக் கொடுக்கும். அம் மின்தடை மின் கலத்தின் அக மின்தடை (internal resistance) எனப்படும். அதனை $r$ எனக் கொள்வோம்.

எனவே, மின்சுற்றில் மொத்த மின்தடை $= R + r$

$$\therefore \text{ மின்னோட்டம் } = \frac{E}{R+r}$$

$AB$-ன் இரு முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு
= மின்னோட்டம் $\times$ மின்தடை

$$= \frac{E}{R+r} \times R$$

$A$, $B$ என்ற புள்ளிகளுக்கிடையே மின்கலமும் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால் மின்கலத்தின் இரு முனைகளுக்கிடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடும் $\dfrac{ER}{R+r}$ ஆகும். இதனையே மின் கலத்தின் முனைகளுக்கிடையே நிலவும் பயனுறு மின்னழுத்த வேறுபாடு என அழைக்கிறோம். இது, மின்கலத்தின் மின் இயக்கு விசையைவிடக் குறைவாயிருப்பதைக் காணலாம். மேலும், இதன் மதிப்பு வெளிச்சுற்றிலுள்ள மின்தடையின் மதிப்பைப் பொறுத்துள்ளது என்பதையும் காணலாம்.

இனி, $\frac{ER}{R+r} = \frac{E}{1+\frac{r}{R}}$

$R$-ன் மதிப்பு எண்ணிலியாயிருக்கும்போது, (infinity) அதாவது, மின்கலத்திலிருந்து மின்னோட்டம் ஏற்படாமலிருக்கும்போது $\frac{r}{R} = O$

அப்போது, $\frac{ER}{R+r} = E$

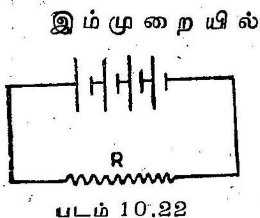
**ஆகவே, மின்கலத்திலிருந்து வெளிச்சுற்றின் வழியே மின்னோட்டம் ஏற்படாமலிருக்கும்போது அதன் இரு முனைகளுக்கிடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதன் மின்னியக்கு விசையாகும்.**

### மின்கலங்களின் தொகுப்பு

மின்தடைகளின் இணைப்பு முறைகள் மின்கலங்களுக்கும் பொருந்தும்.

### தொடரிணைப்பு முறை

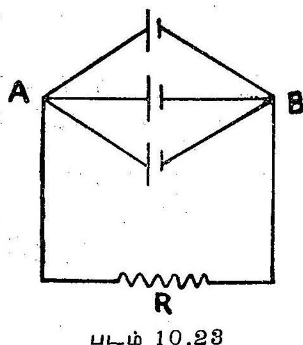
இம்முறையில் ஒரு மின்கலத்தின் எதிர்மின்வாய் அடுத்த மின்கலத்தின் நேர் மின்வாயுடன் இணைக்கப்படுகிறது [படம் 10.22]. இம் முறையில் இணைக்கப்பட்ட ஒவ்வொன்றும் $E$ வோல்ட் மின் இயக்கு விசை கொண்ட $n$ மின்கலங்களையுடைய மின்கலத் தொகுப்பின் மின் இயக்கு விசை $nE$ வோல்ட்கள் ஆகும்.



படம் 10.22

### பக்க இணைப்பு முறை

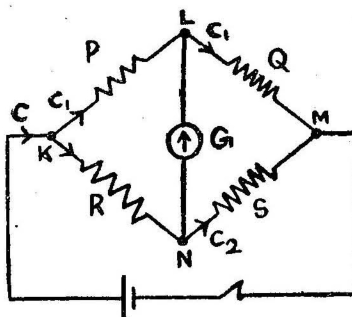
இம் முறையில் எல்லா மின் கலங்களின் நேர்மின்வாய்கள் ஒன்றாகவும், எதிர்மின்வாய்கள் ஒன்றாகவும் இணைக்கப்படுகின்றன [படம் 10. 23] இம் முறையில் தொகுக்கப்பட்ட மின்கலத் தொகுப்பின் மின்னியக்குவிசை தொகுப்பிலுள்ள ஒரு மின்கலத்தின் மின் இயக்கு விசைக்குச் சமமாகும்.



படம் 10.23

**வீட்ஸ்டன் இணைப்பு** (Wheatstone's bridge)

ஓமின் விதியை மெய்ப்பிக்கச் செய்யப்படும் சோதனையால் ஒரு கடத்தியின் மின்தடையைக் காணலாம் என்று முன்னர் அறிந்தோம். கடத்தியின் மின்தடையைக் காண்பதற்கான மற்றொரு முறை வீட்ஸ்டன் இணைப்பு முறை ஆகும்.




படம்-10·24

வீட்ஸ்டன் இணைப்பில் $P$, $Q$, $R$, $S$ என்ற நான்கு மின் தடைகள் படம் 10.24-ல் காட்டியுள்ளவாறு $KLMN$ என்ற மின் சுற்றை அமைக்கும் வகையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. $L$, $N$ ஆகிய இணைப்புகளிடையே ஒரு கால்வனுமீட்டரும் $K$, $M$ ஆகியவற்றிற்கிடையே ஒரு மின்கலமும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

கால்வனுமீட்டரின் வழியே மின்னோட்டம் நிகழாதிருக்குமாறு $P$, $Q$, $R$, $S$ ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் அமைக்கப்படுகின்றன. இந்நிலையில் மின்சுற்று சரியீடு செய்யப்பட்டிருக்கிறது (balanced) எனக் கூறுகிறோம்.

மின்கலத்திலிருந்து $K$-ஐ அடையும் மின்னோட்டம் $P$, $R$ ஆகியவற்றின் வழியே முறையே $C_1$, $C_2$ ஆகப் பிரிந்து செல்கிறது. $L$–க்கும் $N$-க்குமிடையே மின்னோட்டம் இல்லையாதலால் $Q$, $S$ ஆகியற்றின் வழிச்செல்லும் மின்னோட்டங்களும் முறையே $C_1$, $C_2$ ஆக இருக்கும்.

எனவே, $K$-க்கும் $L$-க்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $=C_1P$

$K$–க்கும் $N$-க்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $=C_2R$

$L$-க்கும் $M$–க்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $=C_1Q$

$N$-க்கும் $M$-க்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $=C_2S$

$L$-க்கும் $N$-க்குமிடையே மின்னோட்டமில்லையாதலால் அவையிரண்டும் ஒரே மின்னழுத்தத்தில் உள்ளன.

எனவே, $K$-க்கும் $L$-க்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $=$ $K$-க்கும் $N$-க்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு

அதாவது, $C_1 P = C_2 R$ ............ ச. 10.10

மேலும், $L$-க்கும் $M$-க்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $=$ $N$-க்கும் $M$-க்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு.

அதாவது, $C_1 Q = C_2 S$ ............ச.10.11

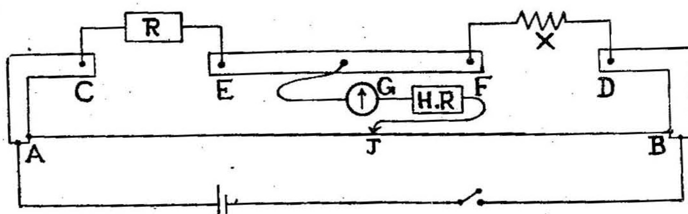
ச.10.10 ÷ ச.10.11; $\dfrac{P}{Q} = \dfrac{R}{S}$ ............ச. 10.12

இது, சுற்றுச் சமநிலையில் இருப்பதற்கான தகுதியைத் தருகிறது.

எனவே, சுற்று சரியீடு செய்யப்பட்டிருக்கும்போது $P$, $Q$, $R$, $S$ ஆகியவற்றில் ஏதேனும் மூன்றின் மதிப்புகள் தெரிந்தால் நான்காவதன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

**மீட்டர் இணைப்பு** (Meter bridge)

இது, வீட்ஸ்டன் இணைப்பை அடிப்படையாகக் கொண்ட ஒரு கருவியாகும். இதனைக்கொண்டு எளிதில் இரு மின் தடைகளை ஒப்புநோக்கவோ, அல்லது ஒரு கடத்தியின் மின்தடையைக் காணவோ முடியும். இதில் கான்ஸ்டன்டன் (Constantan) அல்லது மாங்கனின் (Manganin) உலோகத்தாலான, ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள சீரான கம்பி ஒன்று ($AB$) மரப்பலகை ஒன்றின் மீது அமைக்கப்பட்ட $CA$, $DB$ என்ற இரு பித்தளைப் பட்டைகளுக்கிடையே இழுத்துப் பொருத்தப்பட்




படம் 10.25

டுள்ளது [படம் 10.25]. இரு பித்தளைப் பட்டைகளுடன் $CE$, $FD$ என்ற இடைவெளிகளை அமைக்குமாறு கம்பிக்கு இணையாக மற்றுமொரு பித்தளைப் பட்டையும் ஓர் அளவுகோலும் பொருத்

தப்பட்டுள்ளன. பித்தளைப் பட்டைகளில் இணைப்புத் திருகுகள் உள்ளன.

இனி, இக் கருவியைக் கொண்டு ஒரு கடத்தியின் (கம்பிச் சுருள்) மின்தடையைக் காண்பது எவ்வாறு என்று காண்போம். *FD*, *CE* இடைவெளிகளில் முறையே மின்தடை காண வேண்டிய கடத்தியையும், மதிப்புத் தெரிந்த மின்தடை ஒன்றையும் இணைக்கவும். கம்பியின் இரு முனைகளுக்கிடையே ஒரு லெக்லான்சி மின்கலத்தையும், தட்டுச் சாவி (tap key) ஒன்றையும் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கவும். *EF* என்ற பித்தளைப் பட்டையின் மையத்துடன் ஒரு கால்வனாமீட்டர், உயர் மின்தடை ஆகியவற்றின் வழியே தொடுகோல் (Jockey-sliding contact) ஒன்றை இணைக்கவும்.

இத்தகைய அமைப்பு வீட்ஸ்டன் அமைப்பை ஒத்திருக்கிறது. கம்பியின் *AJ* பகுதி ஒரு மின்தடையையும் *JB* பகுதி மற்றொரு மின்தடையையும், *R*, *X* ஆகியவை மற்றுமிரு மின்தடைகளையும் குறிக்கின்றன.

கால்வனாமீட்டர் சுற்றில் உயர் மின்தடையைப் புகுத்தியபின் மின்கலச் சுற்றிலுள்ள தட்டுச்சாவியை இயக்கி, சுற்றில் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தவும். தொடுகோலை முதலில் *A*-க்கு அருகிலும், அடுத்து *B*-க்கு அருகிலும் வைத்தால் கால்வனாமீட்டரில் முதலில் ஒரு திசையிலும், அடுத்து எதிர்த் திசையிலும் விலகல் ஏற்படும். அவ்வாறில்லையாயின் சுற்று இணைப்புகளில் எங்கோ தவறு இருக்கிறது எனப் பொருள்படும். மின்சுற்றைச் சரி செய்தபின் தொடுகோலைக் கம்பியின்மீது நகர்த்தி கால்வனாமீட்டரின் விலகல் ஏறத்தாழ சுழியாகும் புள்ளியைக் காணவும். பின்னர் உயர் மின்தடையை நீக்கி கால்வனாமீட்டரின் விலகல் சுழியாகும் புள்ளியைத் துல்லியமாகக் காணவும். இப் புள்ளியை *J* எனக் குறிப்பிடுவோம். இது சரியீட்டுத் தானம் (balancing point) எனப்படும். இப்போது சுற்று சமநிலையில் இருக்கிறது. கம்பியின் *AJ* பகுதியின் நீளத்தையும் ($l_1$), *JB* பகுதியின் நீளத்தையும் ($l_2$) அளவிடவும். இவை சரியீட்டு நீளங்கள் எனப்படும்.

வீட்ஸ்டன் அமைப்பின் தத்துவப்படி

$$\frac{R}{X} = \frac{l_1 \text{ செ.மீ. நீளக் கம்பியின் மின்தடை}}{l_2 \text{ செ.மீ. நீளக் கம்பியின் மின்தடை}}$$

$$\therefore \frac{R}{X} = \frac{l_1}{l_2}$$

அல்லது $X = R\frac{l_2}{l_1}$

எனவே, $X$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

$R$-ன் மதிப்பை மாற்றியோ அல்லது $R$, $X$ ஆகியவற்றை இடைவெளிகளில் மாற்றி இணைத்தோ சோதனையை மீண்டும் செய்து $X$-ன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடவும்.

$R$, $X$ ஆகியவற்றை முறையே வலதுபக்க இடைவெளியிலும், இடது பக்க இடைவெளியிலும் இணைக்கும்போது $J^1$ என்பது சரியீட்டுத்தானமாயின், $AJ' = l_1'$, $J'B = l_2'$ என்றால்

$$\frac{X}{R} = \frac{l_1'}{l_2'}$$

$$X = R\frac{l_1'}{l_2'}$$

**கடத்தியின் மின்தடை எண்ணைக் காணல்**

இவ்வாறு, கடத்தியின் மின்தடையை $(X)$ அறிந்தபின் அதன் நீளத்தை அளவுகோலின் உதவியாலும் குறுக்குப் பரப்பின் சராசரி ஆரத்தை $(r)$ திருகு அளவியின் உதவியாலும் காணவும்.

இனி $$s = \frac{X\pi r^2}{l}$$

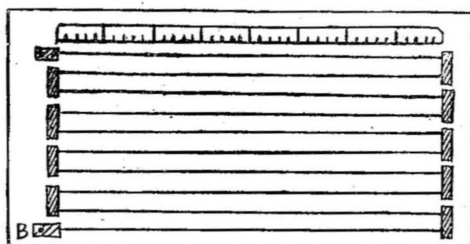
என்னும் வாய்பாட்டின் உதவியால் கடத்தியின் மின்தடை எண்ணைக் $(s)$ கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

**மின்னழுத்தமானி** (Potentiometer)

ஒரு மின்சுற்றில் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளவிடவோ, இரு மின்கலங்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்புநோக்கவோ மின்னழுத்தமானி பயன்படுகிறது.

மின்னழுத்தமானியில் வழக்கமாக கான்ஸ்டன்டன் அல்லது மாங்கனின் உலோகத்தாலான 10 மீட்டர் நீளமுள்ள சீரான கம்பி $(AB)$ ஒன்று மரப்பலகை ஒன்றின் மீது ஒரு மீட்டர் நீள இணையான பகுதிகளாக மடித்துப் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. கம்பியின் முனைகள் இணைப்புத் திருகுகளுடன்

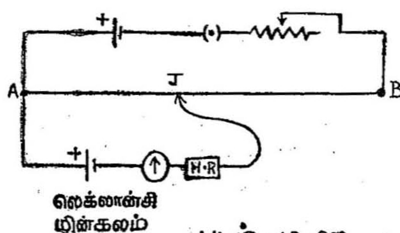
இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன [படம் 10.26]. கம்பியின் நீளத்திற்கு இணையாக ஒரு மீட்டர்கோல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.




படம்-10·26

இனி இதனைக் கொண்டு லெக்லான்சி, டேனியல் மின்கலங்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்புநோக்குவது எவ்வாறு என்று காண்போம்.

நிலையான மின்னியக்கு விசையைக் கொண்ட (சுமார் 2 வோல்ட்) ஒரு மின்கலத் தொகுப்பின் நேர்மின்வாயைக் கம்பியின் $A$ முனையுடனும், எதிர்மின்வாயை ஒரு முனைச்சாவி, ஒரு மின்தடை மாற்றி ஆகியவற்றின் வழியாகக் கம்பியின் $B$ முனையுடனும் இணைத்து ஒரு மின் சுற்றை அமைக்கவும் (படம் 10.27). இது பிரதமச் சுற்று (primary circuit) எனப்படும்.




படம்-10·27

இச் சுற்றின் வழியாக மின்னோட்டம் நிகழும்போது கம்பியில் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலவும். மின்னழுத்த வேறுபாடு இரு புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள கம்பியின் மின்தடைக்கு, எனவே, நீளத்திற்கு நேர்விகிதத்தி லிருக்கும்.

அடுத்து, ஒப்புநோக்கவேண்டிய மின்கலங்களுள் ஒன்றின் (லெக்லான்சி மின்கலம்) நேர்மின்வாயைக் கம்பியின் $A$ முனை

யுடனும், எதிர்மின் வாயை ஒரு கால்வனு மீட்டர், ஓர் உயர் மின் தடை ஆகியவற்றின் வழியாக ஒரு தொடுகோலுடனும் இணைத்து மற்றொரு மின்சுற்றை அமைக்கவும். தொடுகோல் கம்பியின்மீது நகரும். இச் சுற்று துணைச்சுற்று எனப்படும்.

துணைச்சுற்றில் உயர் மின்தடையைப் புகுத்தியபின் தொடு கோலை முதலில் கம்பியின்மீது $A$-க்கு அருகிலும், பின்னர் $B$-க்கு அருகிலும் வைத்தால் கால்வனு மீட்டரில் எதிர்த் திசைகளில் விலகல் ஏற்படும்படி பிரதமச் சுற்றில் உள்ள மின்தடை மாற்றியைச் சரிசெய்யவும். அடுத்து, தொடுகோலைக் கம்பியின்மீது நகர்த்தி கால்வனுமீட்டரின் விலகல் ஏறத்தாழச் சுழியாகும் புள்ளியைக் காணவும். பின்னர் துணைச் சுற்றில் உயர் மின்தடையை நீக்கி கால்வனு மீட்டரில் விலகல் சுழியாகும் புள்ளியைத் துல்லியமாகக் காணவும். அப் புள்ளியை $J$ எனக் கொள்வோம். $A$-லிருந்து $J$ வரை கம்பியின் நீளத்தை $(l_1)$ அளவிடவும். இதனைச் சரியீட்டு நீளம் எனலாம்.

இந் நிலையில் துணைச் சுற்றிலுள்ள மின்கலத்தின் மின் இயக்குவிசை $(E_1)$ $A$-க்கும் $J$-க்குமிடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும்.

ஆனால், $A$-க்கும் $J$-க்குமிடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடு $\propto l_1$.

எனவே, $$E_1 \propto l_1$$

அடுத்து, லெக்லான்சி மின்கலத்திற்குப் பதிலாக டேனியல் மின்கலத்தை இணைத்து, சோதனையைத் திரும்பச் செய்து, சரியீட்டு நீளத்தைக் காணவும். சரியீட்டு நீளம் $l_2$, டேனியல் மின்கலத்தின் மின் இயக்கு விசை $E_2$ ஆயின்,

$$E_2 \propto l_2$$

எனவே, $$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

மின்தடை மாற்றியைச் சற்று மாற்றி, மேற்கண்ட சோதனைகளைத் திருப்பிச் செய்து, $\frac{E_1}{E_2}$-ன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும். ஒவ்வொரு முறையும் மின்தடை மாற்றியின் அதே நிலைக்கு $l_1$, $l_2$ ஆகியவற்றின் மதிப்பைக் காணவேண்டும்.

$\frac{E_1}{E_2}$-ன் மதிப்பை அறிந்தபின் அவற்றுள் ஒன்றின் மதிப்பை அறிந்தால் மற்றொன்றின் மதிப்பைக் காணலாம்.

**மின்னோட்டத்தின் வெப்பப் பலன்** (Heating effect)

ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் நிகழும்போது வேலை செய்யப்படுகிறது என்று முன்னர் கூறப்பட்டது. இதனையே மின்னாற்றல் எந்திர ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது எனவும் கூறலாம். மின்னாற்றலைப் பலவகை ஆற்றல்களாக மாற்றலாம். அவற்றுள் ஒன்று வெப்ப ஆற்றலாகும்.

மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலகாகிய வோல்ட்டுக்கான வரையறையின்படி ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேற்றுமை நிலவும் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே ஒரு கூலம் மின்சாரம் செல்லுமாயின் செய்யப்படும் வேலை ஒரு ஜூல் ஆகும்.

எனவே, $E$ வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலவும் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே $Q$ கூலம் மின்சாரம் செல்லுமாயின், செய்யப்படும் வேலை அல்லது மாற்றப்படும் மின்னாற்றல் $W=EQ$ ஜூல்கள் ஆகும்.

ஆனால், கடத்தியின் வழியே $t$ விநாடி நேரத்திற்கு $C$ ஆம்பியர் மின்னோட்டம் நிகழுமாயின் $Q=Ct$.

எனவே, செய்யப்படும் வேலை அல்லது மாற்றப்படும் மின்னாற்றல்

$$W=ECt \text{ ஜூல்கள்.}$$

இம் மின்னாற்றல் முழுவதும் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படின் வெளியாகும் வெப்ப ஆற்றல் $(H)=\frac{ECt}{J}$ கேலரிகள்.

($J$ என்பது வெப்பத்தின் எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று ஆகும்.)

மேலும், ஓமின் விதியின் அடிப்படையில்

$$H=\frac{ECt}{J}=\frac{E^2}{R}\frac{t}{J}=\frac{C^2Rt}{J}$$

என எழுதலாம். இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஜூல் சில விதிகளை நிறுவினார்.

**வெப்பப் பலனுக்கான ஜூலின் விதிகள்**

ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் நிகழும்போது உருவாகும் வெப்பம்-

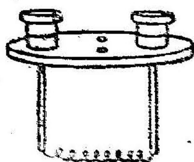
(i) மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு ($C^2$) நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது;

(ii) கடத்தியின் தடைக்கு ($R$) நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது;

(iii) மின்னோட்டம் நிகழும் நேரத்திற்கு ($t$) நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது.

## ஜூல் கேலரி மானியைக் (Joule's calorimeter) கொண்டு வெப்பத்தின் எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்றைக் காணல்

ஜூல் கேலரி மானியில் எபொனைட் மூடியால் மூடப்பட்டு, நன்றாக மெருகேற்றப்பட்ட ஒரு செப்புக் கேலரி மானி உள்ளது. மூடியில் உள்ள இணைப்புத் திருகுகளுடன் காப்பிடப்பட்ட கம்பிச் சுருள் ஒன்று இணைக்கப்பட்டு கேலரி மானியினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இது, ஜூல் கம்பிச் சுருள் (Joule's coil) எனப்படும் [படம் 10.28]. வெப்ப நிலை மானி ஒன்றையும், கேலரி மானியின் கலக்கியையும் மூடியிலுள்ள துளைகளின் வழியாகச் செலுத்தலாம். வெப்பக்கடத்தல், வெப்பச் சலனம் ஆகியவற்றால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பைக் குறைக்க, பஞ்சு நிரப்பப் பட்ட ஒரு மரப்பெட்டியினுள் கேலரி மானி வைக்கப்பட்டுள்ளது.

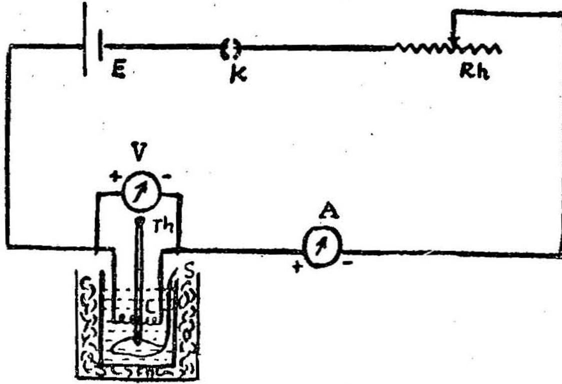


படம் 10.28

முதலில் கலக்கியுடன் காலி கேலரி மானியின் நிறையைக் காணவும் ($w_1$). அடுத்து, கம்பிச்சுருள் மூழ்கும் அளவுக்குக் கேலரிமானியில் நீர் நிரப்பி நிறையைக் காணவும் ($w_2$). பின்னர் கம்பிச்சுருளை ஒரு மின்கலத் தொகுப்பு, முளைச் சாவி, மின்தடைமாற்றி, அம்மீட்டர் ஆகியவற்றைத் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைத்து ஒரு மின் சுற்றை அமைத்துக்கொள்ளவும். கம்பிச்சுருளின் முனைகளுக்கிடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண அதன் முனைகளுக் கிடையே ஒரு வோல்ட் மீட்டரை இணைத்துக்கொள்ளவும் [படம் 10.29]. கம்பிச்சுருளைக் கேலரிமானியினுள் நீரில் மூழ்குமாறு வைத்து முளைச்சாவியை இயக்கி, சுற்றில் ஓர் ஆம்பியர் அல்லது 0·5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் நிகழுமாறு தடை மாற்றியைச் சரிசெய்தபின் மின்னோட்டத்தை நிறுத்திவிடவும்.

பின்னர், கேலரிமானியிலுள்ள நீரை நன்றாகக் கலக்கி அதன் தொடக்க வெப்ப நிலையைக் காணவும் ($\theta_1$). முளைச்

சாவியை இயக்கி, காற்றில் மின்னோட்டத்தைத் துவக்கும் அதே நேரத்தில் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தையும் இயக்கவும்.




படம் 10.29

அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர் ஆகியவற்றின் அளவீடுகளைக் (முறையே $C$ ஆம்பியர், $E$ வோல்ட்) குறித்துக் கொள்ளவும். நீரின் வெப்ப நிலை சுமார் 5 அல்லது 6 டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்ந்தபின் மின்னோட்டத்தையும் நிறுத்து கடிகாரத்தையும் நிறுத்தி, நீரை நன்ருகக் கலக்கி அதன் இறுதி வெப்பநிலையைத் ($\theta_2$) துல்லியமாக அளவிடவும். சுற்றின் மின்னோட்டம் நிகழ்ந்த கால அளவையும் ($t$ விநாடிகள்) குறித்துக் கொள்ளவும். (சோதனையின்போது நீரை ஒரே சீராகக் கலக்கிக் கொண்டே இருக்க வேண்டும். மேலும் அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர் ஆகியவற்றின் அளவீடுகள் மாறுபடுமாயின், 5 நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை அவற்றின் அளவீடுகளைக் கண்டு அவற்றின் சராசரி மதிப்புகளைக் கொள்ள வேண்டும்.)

இனி, கம்பிச் சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் செல்வதால் உருவான வெப்ப ஆற்றல் $=\frac{ECt}{J}$ கேலரிகள்.

கேலரிமானியும் நீரும் ஏற்ற வெப்பம்

$= [w_1s_1+(w_2-w_1)]\ (\theta_2-\theta_1)$ கேலரிகள்

($s_1$ என்பது கேலரிமானியின் வெப்ப எண்)

எனவே, $[w_1s_1+(w_2-w_1)]\ (\theta_2-\theta_1)=\frac{ECt}{J}$

$$\therefore\quad J=\frac{ECt}{[w_1s_1+(w_2-w_1)]\ (\theta_2-\theta_1)} \text{ ஜூல்கள்/கேலரி.}$$

**மின் திறன்** (Electric power), **மின்னாற்றல்** (Electric energy)

மின்திறன் என்பது ஒரு விநாடியில் செய்யப்பட்ட வேலை அல்லது மாற்றப்பட்ட மின்னாற்றல் ஆகும்.

$E$ வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலவும் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே $C$ ஆம்பியர் மின்னோட்டம் $t$ விநாடி நேரத்திற்கு நிகழுமாயின்,

மாற்றப்பட்ட மின்னாற்றல் அல்லது
செலவிடப்பட்ட மின்னாற்றல் $= ECt$ ஜூல்கள்

$$\therefore \text{ மின்திறன் } = \frac{ECt}{t}$$

$$= EC \text{ வாட்டுகள்}$$

மேலும், ஓமின் விதியின் அடிப்படையில்

$$\text{மின்திறன் } = EC = C^2R = \frac{E^2}{R} \text{ வாட்டுகள்.}$$

காட்டாக, ஒரு மின் விளக்கினை 100 வாட் விளக்கு எனக் கூறுவோமாயின், அவ்விளக்கு எரியும் ஒவ்வொரு விநாடியிலும் 100 ஜூல் மின்னாற்றல் செலவாகிறது எனப் பொருள்படும்.

ஜூல் என்னும் அலகானது மின்னாற்றலை அளவிட மிகச் சிறியதாக இருப்பதால் கிலோவாட் மணி (kilo watt hour-kwh) என்ற மற்றொரு அலகினைப் பயன்படுத்துகிறோம். 1,000 வாட் மின் கருவி ஒன்று ஒரு மணி நேரத்திற்குத் தொழிற்படுமாயின் செலவிடப்பட்ட மின்னாற்றல் 1 கிலோவாட் மணி எனப்படும்.

**அதாவது, விநாடிக்கு ஆயிரம் ஜூல் விதம் ஒரு மணி நேரத்திற்குச் செலவிடப்படும் மின்னாற்றல் ஒரு கிலோவாட் மணி எனப்படும்.**

**பயன்கள்**

மின்னோட்டத்தின் வெப்பப் பலனின் அடிப்படையில் மின் விளக்குகள், மின் அடுப்புகள், சலவைப் பெட்டிகள், மின் காப்புருகிகள் (fuses) ஆகியவை உருவாக்கப்படுகின்றன.

**மின் விளக்கு :** இதில் மிக அதிக உருகு நிலையையுடைய உலோகத்தாலான அதிக மின் தடையைக் கொண்ட மெல் லிழை ஒன்று கண்ணாடிக் குமிழ் ஒன்றினுள் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இழையின் வழி மின்னோட்டம் நிகழும்போது அது வெண்ணிறமாக ஒளிரும் அளவுக்குச் சூடேற்றப்படுவதால்,

ஒளியைத் தருகிறது. மெல்லிழை ஆக்ஸிகரணம் ஆவதையும், மெல்ல ஆவியாதலேயும் தடுக்கக் குமிழினுள் மந்த வாயு (inert gas) ஒன்று குறைந்த அழுத்தத்தில் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. இதனுல் மெல்லிழை மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலேயைத் தாங்கக் கூடியதாயும் உள்ளது. எனவே, அதிக ஒளியையும் தர வல்லதாக இருக்கிறது.

**மின் அடுப்பு, சலவைப் பெட்டி:** இதில் நைக்ரோம் (nichrome) உலோகத்தாலான நீண்ட கம்பிச் சுருள் ஒன்று பீங்கான் தளம் ஒன்றிலுள்ள பள்ளங்களில் அமையுமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. மின் சலவைப் பெட்டியில் கம்பிச் சுருள் இரு மைக்காத் தகடுகளுக்கிடையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனுல் சலவைப் பெட்டியினின்றும் கம்பிச்சுருள் மின்காப்பிடப்படுகிறது.

**மின்காப்புருகிகள் :** ஒரு மின் சுற்றில் சில தவறினுல் விளேயும் மிக அதிக மின்னேட்டம் ஏற்பட்டு மின்சுற்றுக் கெட்டுவிடுவதைத் தடுக்க, சுற்றில் மின் காப்புருகிகள் பொருத்தப்படும். குறைந்த உருகு நிலேயையுடைய உலோகத்தாலான ஒரு கம்பியே மின் காப்புருகி எனப்படும். மின்சுற்று தாங்கக்கூடிய அளவுக்குமேல் மின்னேட்டம் நிகழுமாயின் காப்புருகி உருகிவிடும். எனவே, மின்னேட்டம் தடை செய்யப்படுகிறது. காப்புருகிக் கம்பியின் தடிப்பிற் கேற்ப அது தாங்கக்கூடிய மின்னேட்டத்தின் அளவு மாறுபடும்.

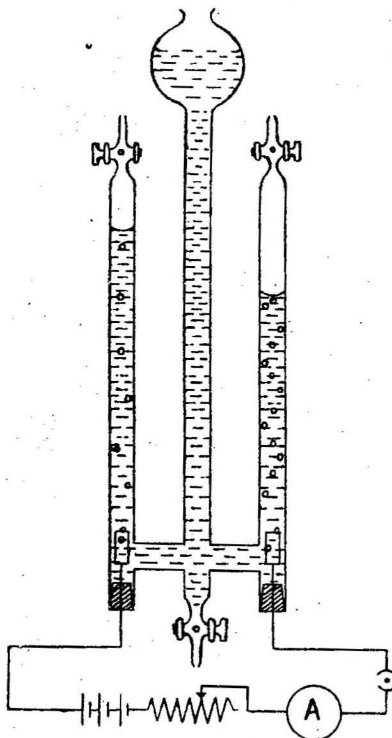
**மின்னேட்டத்தின் இரசாயனப் பலன்** (Chemical effect)

தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசல், வெள்ளி நைட்ரேட்டுக் கரைசல், அமிலமூட்டப்பட்ட நீர் (acidulated water) போன்ற திரவங்களின் வழி மின்னேட்டம் நிகழும்போது இரசாயன விளே ஏற்பட்டு அவை மூலக்கூறுகளாகப் பிரிக்கப் படுகின்றன. இத்தகைய திரவங்கள் மின்பகு திரவங்கள் (electrolytes) எனவும், இவ்வாறு பிரிக்கப்படும் முறை மின் பகுப்பு (electrolysis) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. மின் பகுப்புக்குட்படும் திரவங்களடங்கிய கலம் மின்பகு கலம் எனப்படும். இதுவே வோல்ட்டா மீட்டர் என்றும் அழைக்கப் படும். மின்பகு திரவத்தின் வழியே மின்னேட்டத்தைக் கடத் தப் பயன்படும் உலோகத் தகடுகள் மின்வாய்கள் (electrodes) எனப்படும். மின்கலத்தின் நேர் மின்வாயுடன் இணேக்கப்படும்

தகடு நேர் மின்வாய் எனவும், எதிர் மின்வாயுடன் இணைக்கப்படும் தகடு எதிர் மின்வாய் எனவும் அழைக்கப்படும்.

**நீரின் மின் பகுப்பு** (நீர் மின்பகு கலம்)

நீரின் மின் பகுப்பினைப்பற்றி ஆராய ஹாஃப்மனின் (Hofmann) நீர் மின்பகு கலம் பயன்படுகிறது. இதன் அமைப்பைப் படம் 10.30–ல் காணலாம். இதில் மேல் முனையில் அடைப்பானைக் கொண்டதும் மேலிருந்து கீழாக க.செ.மீ. அளவுக் கூறுகள் குறிக்கப்பட்டதுமான $A, B$ என்ற இரு செங்குத்துக் குழாய்கள் ஒரு குறுக்குக் குழாயினால் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. குறுக்குக் குழாயுடன் $A, B$ குழாய்களுக் கிடையே சேமக்குழாய்(Reservoir-R) ஒன்றும்,அடைப்பானுடன் கூடிய பக்கக் குழாய் $(T)$ ஒன்றும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. $A$, $B$ குழாய்களின் திறந்த முனைகள் தக்கைகளால் நன்றாக மூடப்பட்டுஒவ்வொன்றின் வழியாகவும் ஒரு பிளாட்டினத்தகடு செலுத்தப்பட்டிருக்கிறது. பிளாட்டினத் தகடுகள்மின்வாய்களாகச் செயற்படுகின்றன.



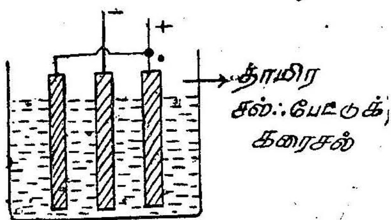

படம் 10.30

மின்பகு கலத்தினை அமிலமூட்டப்பெற்ற நீரினால் நிரப்பி, மின் வாய்களைச் சுமார் 6 வோல்ட் மின் இயக்குவிசை கொண்ட ஒரு மின்கலத்தொகுப்புடன் இணைத்தால் நீர் மூலக்கூறுகள் ஹைட்ரஜனாகவும், ஆக்ஸிஜனாகவும் ($2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$) பிரிகின்றன. ஹைட்ரஜன், எதிர் மின்வாயமைந்த குழாயிலும், ஆக்ஸிஜன் நேர் மின்வாய் அமைந்த குழாயிலும் சேருகின்றன. ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் வாயுக்களின் பருமன் 2 : 1 என்ற விகிதத்தில் இருக்கும். இவ்வாறு எதிர்மின்வாயினிடத்துத் தோன்றும் பொருள்கள் நேர்

மின்னியல் பொருள்கள் (electropositive) எனவும், நேர் மின் வாயினிடத்துத் தோன்றும் பொருள்கள் எதிர் மின்னியல் பொருள்கள் (electronegative) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

### தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலின் மின்பகுப்பு

இங்குப் பயன்படும் மின்பகு கலம் தாமிர மின்பகு கலம் (copper voltameter) எனப்படும். இம் மின்பகு கலத்தின் அமைப்பைப் படம் 10.31-ல் காணலாம். இதில் கண்ணாடி சாடி ஒன்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள அடர்மிகு தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலில் மூன்று செப்புத் தகடுகள் ஒன்றையொன்றுதொடாமலும் இணையாகவும் தொங்க விடப்பட்டுள்ளன. நடுவிலுள்ள தகட்டிற்கு ஒரு தனியான இணைப்புத் திருகும், மற்ற இரு தகடுகளுக்கும் பொதுவான இணைப்புத் திருகும் உள்ளன. நடுத்தகடு எதிர் மின்வாயாகவும், மற்ற இரு தகடுகளும் நேர் மின்வாய்களாகவும் பயன்படுகின்றன.



படம்-10·31

தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலில் இயல்பாகவே தாமிர சல்ஃபேட்டு மூலக்கூறுகள் நேர் மின்னூட்டங்கொண்ட தாமிர அயனிகளாகவும் எதிர் மின்னூட்டங் கொண்ட சல்ஃபேட்டு அயனிகளாகவும், ($CuSo_4 \rightarrow Cu^{++} + SO_4^{--}$) பிரிந்த நிலையில் உள்ளன. இந்நிலையில் கரைசலின் வழி மின்னேட்டம் நிகழும் போது நேர் மின்னூட்டங் கொண்ட தாமிர அயனிகள் எதிர் மின்வாயை நோக்கிச் சென்று அதன்மீது படிகின்றன. சல்ஃபேட்டு அயனிகள் நேர் மின்வாயை நோக்கிச்சென்று அதனுடன் இரசாயன வினைப்பட்டுத் திரும்பவும் தாமிர சல்ஃபேட்டாக மாறுகின்றன.

ஃபாரடே என்னும் விஞ்ஞானி பல்வேறு மின்பகு திரவங்களை ஆராய்ந்துப் பின்வரும் விதிகளை நிறுவினார்:

### ஃபாரடேயின் மின்பகு விதிகள்

**முதல் விதி: ஒரு மின்பகு திரவத்தின் வழி மின்சாரம் செல்லும்போது வெளிப்படும் தனிமத்தின் நிறை திரவத்தின் வழிச்செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது.**

**இரண்டாவது விதி: பல்வேறு மின்பகு திரவங்களின் வழி அதே அளவு மின்சாரம் செல்லும்போது வெளிப்படும் பல்வேறு தனிமங்களின் நிறைகள் அத் தனிமங்களின் இரசாயனச் சம எடைகளுக்கு** (chemical equivalent) **நேர் விகிதத்திலிருக்கின்றன.**

ஒரு மின்பகு திரவத்தின் வழியே $Q$ கூலம் மின்சாரம் செல்லும்போது $m$ கிராம் தனிமம் வெளிப்படுமாயின் முதல் விதிப்படி,

$$m \propto Q$$

அல்லது $$m = eQ$$

$e$ என்பது ஒரு மாறிலி. அது அத் தனிமத்தின் மின் இரசாயன எண் (electrochemical equivalent) எனப் படும். மேற்கூறப்பட்ட சமன்பாட்டில் $Q = 1$ கூலம் ஆயின், $m = e$ ஆகும்.

**எனவே, ஒரு தனிமத்தின் மின் இரசாயன எண் என்பது அத் தனிமம் அடங்கிய மின் பகு திரவத்தின் வழி ஒரு கூலம் மின்சாரம் செல்லும்போது வெளிப்படும் அத் தனிமத்தின் நிறைக்குச் சமமாகும்.**

மின் இரசாயன எண் கிராம்/கூலம் என்னும் அலகினுல் குறிக்கப்படுகிறது.

தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசல், வெள்ளி நைட்ரேட்டுக் கரைசல் ஆகியவற்றின் வழியாக அதே அளவு மின்சாரம், அதாவது, $Q$ கூலங்கள் மின்சாரம் செல்லும்போது $m_1$ கிராம் செம்பும், $m_2$ கிராம் வெள்ளியும் வெளிப்படுவதாகக் கொள்வோம். $E_1$, $E_2$ என்பன முறையே தாமிரம், வெள்ளி ஆகியவற்றின் இரசாயனச் சம எடைகளாயின், இரண்டாவது

விதிப்படி, $$\frac{m_1}{E_1} = \frac{m_2}{E_2}$$

ஆனல், முதல் விதிப்படி, $m_1 = e_1 Q$; $m_2 = e_2 Q$.

எனவே, $$\frac{e_1 Q}{E_1} = \frac{e_2 Q}{E_2}$$

அல்லது, $$\frac{e_1}{E_1} = \frac{e_2}{E_2}$$

அதாவது, ஒரு தனிமத்தின் மின் இரசாயன எண்ணும் இரசாயனச் சம எடையும் நேர்விகிதத்திலிருக்கின்றன.

**ஹைடிரஜனின் மின்-ரசாயன எண்ணைக் காணல்**

நீர் மின்பகு கலம் ஒன்றை ஒரு மின்கலத் தொகுப்பு, ஒரு மின்தடைமாற்றி, அம்மீட்டர், முனைச்சாவி ஆகியவற்றுடன் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைத்து ஒரு மின்சுற்றை அமைத்துக் கொள்ளவும் [படம் 10.30]. நீர் மின்பகு கலத்தை அமிலமூட்டப்பட்ட நீரால் (தூயநீர் ஓர் அரிதிற்கடத்தி) நிரப்பி முனைச்சாவியை இயக்கி, சுற்றில் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தவும். மின்னோட்டம் 0·3 அல்லது 0·4 ஆம்பியர் இருக்குமாறு தடைமாற்றியைச் சரிசெய்தபின் மின்னோட்டத்தை நிறுத்திவிடவும். இப்போது $A$, $B$ குழாய்களில் நேர்மின்வாய் உள்ள குழாயில் ஆக்ஸிஜனும் எதிர்மின்வாய் உள்ள குழாயில் ஹைடிரஜனும் உருவாகியிருக்கும். குழாய்களின் சுவர்களில் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும் வாயுக் குமிழிகளை குழாய்களை இலேசாகத் தட்டி நீக்கியபின், குழாய்களில் சேர்ந்திருக்கும் வாயுக்களை அடைப்பான்களைத் திறந்து வெளியேற்றிவிடவும்.

அடுத்து, சுற்றில் மின்னோட்டத்தை இயக்கும் அதே நேரத்தில் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தையும் இயக்கவும். சுமார் 25 அல்லது 30 க.செ.மீ. ஹைடிரஜன் உருவாகியதும் மின்னோட்டத்தையும் நிறுத்து கடிகாரத்தையும் நிறுத்தி, குழாய்களை இலேசாகத் தட்டி சுவர்களில் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும் வாயுக்குமிழிகளை நீக்கிவிடவும். பின்னர், குறுக்குக் குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள அடைப்பானைத் திறந்து ஹைடிரஜன் குழாயிலும் சேமக் குழாயிலும் நீர்மட்டங்கள் ஒரே அளவாயிருக்கும்வரை நீரை வெளியேற்றியபின் ஹைடிரஜனின் பருமனைக் ($v$) குறித்துக்கொள்ளவும். சோதனையின்போது ஒரு நிமிடத்திற்கு ஒருமுறை அம்மீட்டர் அளவீடுகளைக் குறித்து அவற்றின் சராசரி மதிப்பையும் ($c$) மின்னோட்டம் நிகழ்ந்த காலத்தை ($t$ வினாடிகள்) நிறுத்து கடிகாரத்திலிருந்தும் கணக்கிட்டுக்கொள்ளவும். ஹைடிரஜனின் வெப்பநிலையையும் (நீரின் வெப்பநிலை = $\theta$°C) குறித்துக் கொள்ளவும்.

இனி, ஹைடிரஜனின் மின்-ரசாயன எண்ணைப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்:

ஹைடிரஜன் குழாயிலும் சேமக் குழாயிலும் நீர் மட்டங்கள் ஒரே அளவாயிருப்பதாலும், ஹைடிரஜனுடன் $\theta$°C வெப்பநிலையில் நீர் ஆவியும் இருப்பதாலும்,

$0°C$ வெப்ப நிலையில்

ஹைடிரஜனின் அழுத்தம்$(P)$+ நீர்-ஆவியின் அழுத்தம் $(p)$
= வளி அழுத்தம் (H)

∴ $0°C$ வெப்பநிலையில் $v$ க.செ.மீ. ஹைடிரஜனின் அழுத்தம் $P = (H\text{-}p)$ செ.மீ. பாதரசம்.

H-ன் மதிப்பைப் பாரமானியிலிருந்தும் $p$–ன் மதிப்பை உரிய அட்டவணையிலிருந்தும் பெறலாமாதலால் $P$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

மேலும், இ.வெ.அ.-ல் ஹைடிரஜனின் அடர்த்தி $(d)$யை உரிய அட்டவணைகளிலிருந்து பெறலாமாதலால் $v$ க.செ.மீ. ஹைடிரஜனின் பருமனை இ.வெ.அ.-ல் கண்டால் மின்பகுப்பின்போது வெளிவிடப்பட்ட ஹைடிரஜனின் நிறையைக் கணக்கிடலாம். வெளிவிடப்பட்ட ஹைடிரஜனின் பருமன் இ.வெ.அ.-ல் $v$ எனக் கொள்வோமாயின்,

$$\frac{76 \times V}{273} = \frac{P \times v}{273+0}$$

அல்லது

$$V = \frac{P \times v}{273+0} \times \frac{273}{76}$$

எனவே, வெளிவிடப்பட்ட ஹைடிரஜனின் நிறை

$$m = V \cdot d.$$

இனி, ஹைடிரஜனின் மின் ரசாயன எண் $e$ எனில்,

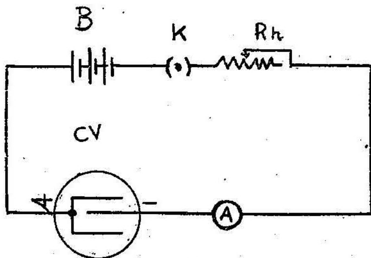
$$m = e\,c\,t$$

அல்லது

$$e = \frac{m}{ct} \text{ கிராம்/கூலம்}$$

**தாமிரத்தின் மின்-இரசாயன எண்ணைக் காணல்**

தாமிர மின்பகு கலம் $(C.V.)$ ஒன்றினை ஒரு மின்கலத் தொகுப்பு $(B)$, முளைச்சாவி $(K)$, மின்தடை மாற்றி $(Rh)$, அம்மீட்டர் $(A)$ ஆகியவற்றுடன் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைத்து ஒரு மின்சுற்றை அமைத்துக் கொள்ளவும். மின்பகு கலத்தின் எதிர் மின்வாய் மின்கலத் தொகுப்பின் எதிர் மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட வேண்டும் [படம் 10.32].




படம்-10·32

மின்சுற்றை அமைத்தபின் முளைச்சாவியை இயக்கி அம்மீட்டர் அளவீடு ஓர் ஆம்பியர் ஆக இருக்குமாறு மின்தடை மாற்றியைச் சரிசெய்யவும். மின்னோட்டத்தை

நிறுத்தி, மின்பகு கலத்தின் எதிர் மின்வாய்த் தகட்டினை எடுத்து ஈரம் போக்கி, உப்புத் தாளினால் தேய்த்துச் சுத்தம் செய்தபின் அதன் நிறையைக் காணவும் ($w_1$). பின்னர் எதிர் மின்வாயைக் கலத்தில் அதனிடத்தில் வைத்து முளைச் சாவியை இயக்கி மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும் அதே நேரத்தில் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தையும் இயக்கவும். 30 நிமிடங்கள் மின்னோட்டம் நிகழ்ந்தவுடன் மின்னோட்டத்தை நிறுத்தி, எதிர் மின்வாயைக் கவனமாக எடுத்து மிக மெதுவாக ஓடும் நீரில் கழுவி, நன்ருக உலரவைத்தபின் அதன் நிறையைக் காணவும் ($w_2$). சோதனையின்போது அம்மீட்டர் அளவீடு மாறுமாயின், 5 நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை அம்மீட்டர் அள வீட்டினைக் குறித்து அதன் சராசரி மதிப்பினை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். இனி, தாமிரத்தின் மின் இரசாயன எண்ணைப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம் :

மின்னோட்டம் நிகழுமுன் எதிர் மின்வாயின் நிறை $= w_1$ கிராம்

மின்னோட்டத்திற்குப்பின் எதிர் மின் வாயின் நிறை $= w_2$ கிராம்

எதிர் மின்வாயின் மீது படிந்த தாமிரத்தின் நிறை ($m$) $= (w_2 - w_1)$ கிராம்

மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு $= c$ ஆம்பியர்

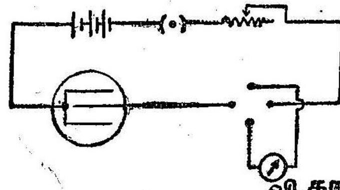
மின்னோட்டம் நிகழ்ந்த காலம் $= t$ விநாடிகள்

தாமிரத்தின் மின்-இரசாயன எண் $e$ ஆயின்,

$$e = \frac{m}{ct} \text{ கிராம்/கூலம்.}$$

அம்மீட்டருக்குப் பதில் மின்னோட்டத்தை அளவிட டான்ஜெண்ட் கால்வனுமீட்டரைப் பயன்படுத்தியும் சோதனையைச் செய்யலாம். அதற்கான மின்சுற்றமைப்பைப் படம் 10.33–ல் காணலாம்.

இம் முறையில் டான்ஜெண்ட் கால்வனுமீட்டரைச் சீரமைத்தபின் அலுமினியக் குறிமுள்ளின் முனைகள் 45° பதிவு செய்யுமாறு மின்தடை மாற்றியைச் சரிசெய்த பின் மேற்கூறியவாறு 30 நிமிடங்கள் மின்னோட்டம் செலுத்த வேண்டும். டான்ஜெண்ட் கால்வனுமீட்டரின் அளவீடுகளை 5 நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை குறித்துக் கொள்வதுடன் 15 நிமிடங்கள் முடிவில் கால்வனுமீட்டரின் வழியே



படம்-10·33

மின்னோட்டத் திசையை மாற்றியும் அளவீடுகளின் சராசரி மதிப்பை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். கால்வனுமீட்டரின் சராசரி விலகல் $\theta$ ஆயின், மின்னோட்டம் $C = K \tan \theta$; $K$ என்பது சுருக்கக் காரணி.

எதிர் மின்வாய் மீது படிந்த தாமிரத்தின் நிறை $m$ கிராம் ஆயின்,

$$m = ect$$
$$= e(K \tan \theta)\, t$$

மேற்கூறிய சமன்பாட்டில் $e$ அல்லது $K$ ஆகியவற்றுள் ஒன்றின் மதிப்புத் தெரிந்தால் மற்றதன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

### மின்பகுப்பின் பயன்கள்

முலாம் பூசுதல், உலோகங்களின் சுத்திகரிப்பு (refining of metals) தனிமங்கள் மற்றும் இரசாயனக் கூட்டுப் பொருள்கள் உற்பத்தி செய்தல், மின் அச்சுப்படி எடுத்தல் (electro typing) ஆகியவற்றிற்கு மின் பகுப்புப் பயன்படுகிறது.

**முலாம்பூசுதல் :** செம்பு, பித்தளை போன்ற உலோகத்தால் ஆன பொருள்கள் பளப்பளப்புக் குறையாமலிருக்கவும், இரும்பாலானவை துருப்பிடிக்காமலிருக்கவும் அவற்றிக்கு முறையே வெள்ளிப் பூச்சு அல்லது நிக்கல் பூச்சும் தாமிரப் பூச்சும் கொடுப்பது வழக்கம். வழக்கில் பூச்சுக் கொடுக்கப்பட வேண்டிய பொருள்கள் ஒரு மின்பகு கலத்தின் எதிர் மின்வாயாகவும், பூச்சுப் பொருள் (வெள்ளிக் கட்டி) நேர்மின் வாயாகவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பூச்சுப் பொருளுக் கேற்ற மின்பகு திரவம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. காட்டாக, வெள்ளிப் பூச்சுக்கு வெள்ளி, பொட்டாசியம் ஆகியவற்றின் இரட்டைச் சயனைடும் (double cyanide of silver and potassium), தாமிரப் பூச்சுக்குத் தாமிர சல்ஃபேட்டும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. தேவையான அளவுக்குப் பூச்சுக் கொடுத்தபின் பொருள்கள் வெளியே எடுக்கப்பட்டுச் சுத்தப்படுத்தியபின் மெருகேற்றப்படுகின்றன.

**உலோகங்களின் சுத்திகரிப்பு :** பெரும்பாலான உலோகங்கள் இம்முறையில் சுத்தம் செய்யப்படுகின்றன. சுத்தம் செய்யப்படவேண்டிய உலோகக் கட்டி ஒன்று ஏற்ற மின்பகுகலம் ஒன்றின் நேர்மின்வாயாகவும், அதே உலோகத்தாலான மெல்லிய கம்பி எதிர்மின்வாயாகவும்

செயல்படுகின்றன. மின் பகுப்பின்போது உலோகக் கட்டியினின்றும் உலோகம் மின்பகு திரவத்தில் கரைந்து எதிர் மின்வாய்மீது படிகிறது.

**தனிமங்கள் மற்றும் இரசாயனக் கூட்டுப் பொருள்கள் உற்பத்தி செய்தல்:** அலுமினியம், சோடியம், பொட்டாசியம் போன்ற தனிமங்கள் அவையடங்கிய கூட்டுப் பொருள்களை உருகிய நிலையில் மின்பகுப்புக்கு உட்படுத்தி உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. காட்டாக, சோடியம், சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடிலிருந்து உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. மேலும், காஸ்டிக் சோடா, பொட்டாசியம் குளோரைட் போன்ற கூட்டுப் பொருள்களும் மின்பகுப்பு முறையில் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன.

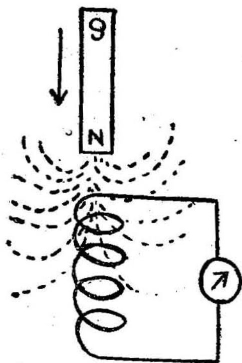
**மின் அச்சுப்படி எடுத்தல்:** அதிக அளவில் ஒரு நூலை அச்சிட வேண்டும்போது இம்முறை பயன்படுகிறது. முதலில் அச்சிடப்பட வேண்டிய பக்கத்தின் அச்சுப்படி வழக்கமாக தயார் செய்யப்பட்டு ஒரு மெழுகுத்தட்டின் மீது அச்சுப் பதிவு எடுக்கப்படுகிறது. மெழுகுத் தட்டின் வழி மின்னோட்டம் நிகழ்வதற்கேற்ப அதன்மீது கரித்தூள் தூவப்படுகிறது. இந்த மெழுகுத் தட்டை தாமிர மின்பகுப்புக்கலம் ஒன்றின் எதிர் மின்வாயாக அமைத்து, கலத்தின் வழி மின்னோட்டம் செலுத்தினால் மெழுகுத் தட்டின்மீது ஒரு செப்புத்தகடு உருவாகும். இத் தகடு நீக்கப்பட்டு கெட்டியான தகட்டின்மீது பொருத்தப்படுகிறது. இதுவே மின் அச்சுப்படியாகும். இத் தகைய அச்சுப் படியைக் கொண்டு ஆயிரக்கணக்கான பிரதிகள் அச்சிடலாம்.

**மின் காந்தத் தூண்டுதல்** (Electro magnetic induction)

மின்னோட்டத்தைக்கொண்ட ஒரு கடத்தியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலம் உருவாகிறது என்று கண்டோம். மாறாகக் காந்தப்புலத்தில் ஒரு கம்பியை அசைத்தாலோ அல்லது கம்பியைச் சுற்றியுள்ள காந்தப் புலத்தின் வலிமை மாறினாலோ கம்பியில் மின்னோட்டம் ஏற்படும். இதனை முதன் முதலாகக் கண்ட பெருமை மைக்கேல் ஃபாரடே (Michael Faraday) என்னும் விஞ்ஞானியையே சாரும். இந்தப் பலன் மின் காந்தத் தூண்டுதல் எனப்படும்.

மின்காந்தத் தூண்டுதலைப்பற்றி அறிந்துகொள்ளப் பின் வரும் சோதனைகளைப் பார்ப்போம்:

(i) இயங்கு கம்பிச் சுருள் கால்வனுமீட்டருடன் இணைக்கப்பட்ட ஒரு கம்பிச்சுருளை எடுத்துக் கொண்டு அதனை நோக்கி ஒரு காந்தத்தின் வடதுருவத்தை இயக்குவதாகக் கொள்வோம். அவ்வாறு காந்தச் சட்டத்தை இயக்கும்போது கால்வனுமீட்டரில் விலக்கம் ஏற்படுவதைக் காணலாம் [படம் 10.34]. இது கம்பிச்சுருளில் மின்னேட்டம் ஏற்படுவதைக் குறிக்கிறது. ஆனால், காந்தம் அசையாமல் இருக்கும்போது கம்பிச்சுருளில் மின்னேட்டம் ஏற்படுவதில்லை. மேலும் வடதுருவத்தைக் கம்பிச் சுருளை விட்டு நீக்கினால் கம்பிச்சுருளில் மின்னேட்டம் எதிர்த் திசையில் ஏற்படுவதைக் காணலாம். மேலும், வடதுருவத்திற்குப் பதில் தென் துருவத்தைக் கம்பிச் சுருளை நோக்கி இயக்கினாலும் மின்னேட்டம் எதிர்த் திசையில் ஏற்படுவதைக் காணலாம்.



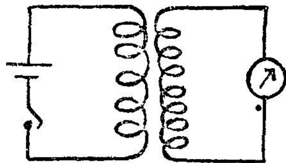
படம் -10·34

காந்தம் ஒன்றைச் சுற்றிக் காந்தப்புலம் இருப்பதையும், காந்தப்புலத்தில் காந்தவிசைக் கோடுகள் இருப்பதையும் நாமறிவோம். மேலும், காந்தத்தினருகில் காந்த விசைக் கோடுகள் அதிகமாகவும், தொலைவில் குறைவாகவும் இருக்கின்றன. காந்தத்தைக் கம்பிச்சுருளை நோக்கி அசைக்கும் போது கம்பிச் சுருளின் வழியே ஊடுருவும் காந்த விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை மாறுகிறது. அதாவது, கம்பிச் சுருளோடு இணைந்த காந்தப்புலம் மாறுகிறது. இதன் பயனாகவே கம்பிச் சுருளில் மின்னேட்டம் ஏற்படுகிறது.

மேலும் காந்தத்தைக் கம்பிச் சுருளை நோக்கி வேகமாக இயக்கினால் கால்வனுமீட்டரில் அதிகமாக விலக்கம் ஏற்படுகிறது. அதாவது, கம்பிச் சுருளில் அதிகமாக மின்னேட்டம் ஏற்படுகிறது. இது கம்பிச் சுருளில் மின்னேட்டத்தின் அளவு காந்த விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் மாறுதலை மட்டுமன்றி, அது மாறும் வேகத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

காந்தச் சட்டத்தை நிலையாக வைத்துக் கம்பிச் சுருளை இயக்கினாலும் மேற்கூறிய பலன்களைக் காணலாம்.

(ii) அருகருகே அமைந்த $A$, $B$ என்ற இரண்டு கம்பிச் சுருள்களை எடுத்துக் கொள்வோம். $A$ என்ற கம்பிச் சுருளுடன் ஒரு மின் கலத்தையும் ஒருதட்டுச் சாவியையும் தொடரிணைப்பு முறையிலும், $B$ என்ற கம்பிச் சுருளுடன் ஒரு கால்வனு மீட்டரையும் இணைத்துக் கொள்வோம் [படம் 10.35]. தட்டுச்சாவியை அழுத்தும் போதும் விடுவிக்கும்போதும் கால்வனுமீட்டரில் எதிர்த் திசைகளில் கணநேர விலக்கம் ஏற்படுவதைக் காணலாம். மேலும், தட்டுச்சாவியை அழுத்திய நிலையிலேயே கம்பிச் சுருள்களை இயக்கினாலும் கால்வனுமீட்டரில் விலக்கம் ஏற்படுவதைக் காணலாம். இச் சோதனையின் விளைவையும் முன்னர் கூறியது போலவே விளக்கலாம். $A$ என்ற சுருளில் மின்னோட்டம் உருவாகும் போது $B$ என்ற சுருளின் அருகில் திடீரென்று ஒரு காந்தப்புலம் உருவாகிறது. $A$ என்ற சுருளில் மின்னோட்டத்தை நிறுத்தும் போது அந்தக் காந்தப்புலம் மறைந்துவிடுகிறது. இவ்வாறு $B$ என்ற கம்பிச்சுருளுடன் இணைந்த காந்தப்புலத்தில் ஏற்படும் மாறுதலே அதில் மின்னோட்டம் நிகழ்வதற்குக் காரணமாகிறது.



படம்-10·35

இத்தகைய ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படையில் மின்காந்தத் தூண்டுதலால் உருவாகும் மின்னோட்டத்தினைப்பற்றிய பின் வரும் விதிகளை ஃபாரடே என்பவரும், லென்ஸ் (Lenz) என்பவரும் நிறுவியுள்ளனர்.

### ஃபாரடே விதிகள்

(i) ஒரு மின்சுற்றுடன் இணைந்துள்ள காந்தப்புலம் மாறும் போது அச்சுற்றில் ஒரு மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது. இம் மின்னியக்கு விசை காந்தப் புலத்தில் மாறுதல் நிகழும்பொழுது மட்டுமே நிலவுகிறது.

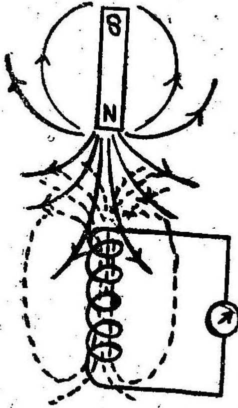
(ii) தூண்டப்பட்ட மின் இயக்கு விசையின் அளவு காந்த இணைப்பு (மின் சுற்றுடன் இணைந்த காந்தப் புலம்) மாறும் வேகத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளன.

### லென்ஸ் விதி

மின்காந்தத் தூண்டுதலால் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையானது அதனை விளைவிக்கும் (காந்த இணைப்பு)

மாற்றத்தை எதிர்க்கும் காந்தப் புலத்தைத் தோற்றுவிக்க வல்லதாக உள்ளது.

மேற்கூறிய விதியைப் பின்வரும் எடுத்துக்காட்டால் எளிதில் விளங்கிக் கொள்ளலாம். படம் 10.36–ல் உள்ளபடி ஒரு கம்பிச் சுருளை நோக்கி ஒரு காந்தத்தின் வடதுருவத்தை அசைப்பதாகக் கொள்வோம். இதனால் கம்பிச் சுருளில் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்படும். காந்தத்தைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலம் உள்ளது என்பதையும் மின்னோட்டந் தாங்கிய கடத்தியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலம் உள்ளது என்பதையும் நாமறிவோம். கம்பிச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தால் அதைச் சுற்றிலும் உருவாகும் காந்தப் புலம் காந்தச் சட்டத்தின் காந்தப்புலத்திற்கு எதிர்த் திசையில் செயற்படும் வகையில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை உள்ளது. படம் 10.36-ல் இரு காந்தப்புலத்தின் காந்த விசைக்கோடுகளும் எதிர்த்திசைகளில் அமைந்திருப்பதைக் காணலாம்.



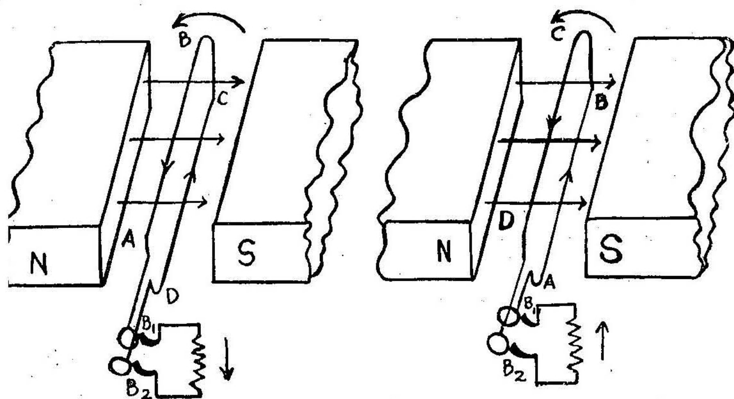
படம் –10·36

## இரு திசை மின்னோட்ட டைனமோ (AC Dynamo)

இது மின்காந்தத் தூண்டுதலை அடிப்படையாகக் கொண்ட ஒரு கருவியாகும். இது எந்திர ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றுகிறது. டைனமோவின் எளிய அமைப்பைப் படம் 10.37-ல் காணலாம். இதில் புலக்காந்தம் (field magnet) என்று அழைக்கப்படும் ஒரு காந்தம் உள்ளது. அதன் இரு துருவங்களுக்கிடையே நிலவும் வலிமை மிக்க காந்தப் புலத்தில் செவ்வக வடிவக் கம்பிச் சுருள் ஒன்று சீராகச் சுழலுகிறது. கம்பிச் சுருளின் முனைகள் இரு உலோக வளையங்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. அவை நழுவு வளையங்கள் (slip rings) எனப்படும். நழுவு வளையங்களோடு எப்போதும் தொடர்பு கொண்ட இரு கார்பன் துண்டுகள் ($B_1$, $B_2$) உள்ளன. இவை கம்பிச் சுருளினின்றும் வெளிச்சுற்றுக்கு மின்னோட்டத்தைக் கடத்துகின்றன.

கம்பிச்சுருளின் தளம் காந்தப்புலத் திசைக்கு,நேர்குத்தாக உள்ள நிலையிலிருந்து சுருள் கடிகார எதிர்த்திசையில் சுழலுவ

தாகக் கொள்வோம் [படம் 10.37]. கம்பிச் சுருளின் $AB$, $CD$ ஆகிய கரங்களில் மின்னோட்டத்தின் திசையை ஃபிளெமிங்கின் வலது கை விதி (Fleming's right hand rule) என்னும் விதியால் அறியலாம். அவ் விதியின்படி ஒருவர் வலது கையின் பெரு விரல், சுட்டுவிரல், நடுவிரல் மூன்றையும் ஒன்றுக்கொன்று நேர்குத்தான திசைகளைச் சுட்டுமாறு வைத்துக் கொள்வதாகக் கருதுவோம். இப்போது சுட்டுவிரல் காந்தப் புலத்தின் திசையையும் (வட துருவத்திலிருந்து தென்துருவம் நோக்கி), பெருவிரல் கம்பி அசையும் திசையையும் சுட்டு மாயின், நடுவிரல் மின்னோட்டத்தின் திசையைக் கொடுக்கும். படம் 10.37$a$-ல் காட்டியுள்ள நிலையில் $AB$ காந்தப்புலத்தில் கீழ்



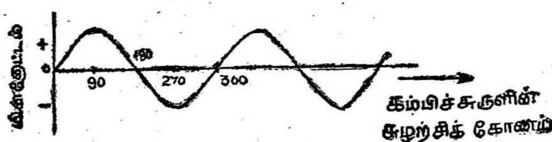

படம் – 10·37

நோக்கியும், $CD$ மேல்நோக்கியும் அசைவதால், மேற்கண்ட விதிப்படி $AB$-ல் $B$–லிருந்து $A$-க்கும், $CD$-ல் $D$-லிருந்து $C$-க்கும் மின்னோட்டம் நிகழும். எனவே, வெளிச்சுற்றில் $B_1$-லிருந்து $B_2$-க்கு மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. மேலும், சுருள் 90° சுழலும் வரை மின்னோட்டத்தின் அளவு சிறிது சிறிதாக அதிகமாகி ஒரு பெரும மதிப்பை அடைகிறது. சுருள் மேலும் 90° அதாவது, அதன் தொடக்க நிலையிலிருந்து 180° சுழலும்போது மின் னோட்டம் குறையத் தொடங்கிச் சுழியளவை அடைகிறது.

இந் நிலைக்குப்பின் கம்பிச்சுருள் சுழலுமாயின் $AB$ மேல் நோக்கியும், $CD$ கீழ் நோக்கியும் அசைகின்றன [10.37$b$]. எனவே, $AB$-ல் $A$-லிருந்து $B$–க்கும், $CD$–ல் $C$-லிருந்து $D$–க்கும் மின்னோட்டம் நிகழும். எனவே, வெளிச்சுற்றில் இப்போது $B_2$-லிருந்து $B_1$-க்கு மின்னோட்டம் ஏற்படும். மேலும், இப்போது

மின்னோட்டம் முதல் கால்சுற்றின்போது வளர்ந்து பெரு மதிப்பை அடைகிறது; அடுத்த கால்சுற்றின்போது குறையத் தொடங்கி சுழியாகிறது.

ஆகவே, கம்பிச் சுருள் ஒவ்வொரு முறை சுழலும்போதும் வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் முதல் அரைச் சுற்றின்போது ஒரு திசையிலும், அடுத்த அரைச் சுற்றின்போது எதிர்த் திசையிலும் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு கம்பிச்சுருளின் ஒவ்வொரு சுற்றின்போதும் திசை மாறுவதாலேயே இதனை இருதிசை மின்னோட்டம் என அழைக்கிறோம். ஒரு வினாடியில் எத்தனை முறை திசைமாற்றம் ஏற்படுகிறதோ அதனை இருதிசை மின்னோட்டத்தின் அடுக்கம் எனக் கூறுகிறோம். நம் வீடுகளுக்கு வழங்கப்படும் இருதிசை மின்னோட்டத்தின் அடுக்கம் 50 ஆகும். மேலும், ஒவ்வோர் அரைச்சுற்றின் போதும் மின்னோட்டத்தின் அளவு முதலில் வளர்ந்து ஒரு பெரும




படம்-10.38

மதிப்பை அடைந்து, பின்னர் குறையத் தொடங்கிச் சுழியை அடைகிறது. சுருளின் வெவ்வேறு நிலையில் அதில் தூண்டப் படும் மின்னோட்டத்தின் அளவினைப் படம் 10.38 காட்டுகிறது.

### மாதிரிக் கணக்குகள்

(1) 50 சுற்றுகளும் 15·4 செ.மீ. விட்டமும் கொண்ட ஒரு கம்பிச் சுருளின் வழியே 2 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செல்லும் போது அதன் மையத்தில் உருவாகும் காந்தப் புலவலிமை யைக் காண்க.

**விடை:** காந்தப் புலவலிமை $F = \frac{2\pi nc}{10r}$

$$= 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{50 \times 2}{10 \times 7{\cdot}7}$$

$$= 11{\cdot}65.$$

கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் புலவலிமை 11·65 காஸ்.

(2) இரு மின்தடைகள் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டபோது அவற்றின் இணைமாற்று மின்தடை

**16 ஓம்கள் ஆகும். அவற்றைப் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைத்தபோது இணைமாற்று மின்தடையின் மதிப்பு 3.75 ஓம்கள். அவற்றின் மின் தடைகளைக் காண்க.**

**விடை :** அவை இரண்டும் $R_1$, $R_2$ எனக் கொள்வோம்.

இனி, $R_1 + R_2 = 16$ ............... (i)

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3.75}$$

அதாவது, $$\frac{R_1+R_2}{R_1 R_2} = \frac{1}{3.75}$$

எனவே, $$\frac{16}{R_1 \times R_2} = \frac{1}{3.75}$$

அல்லது, $R_1 R_2 = 60$ ........(ii)

மேலும், $$(R_1-R_2)^2 = (R_1+R_2)^2 - 4 R_1 R_2$$
$$= 256 - 240$$
$$= 16$$

$\therefore$ $R_1 - R_2 = 4$ ......(iii)

(i); (iii) ஆகியவற்றிலிருந்து $R_1 = 10$ ஓம்கள், $R_2 = 6$ ஓம்கள்.

(3) ஒரு மின்சுற்றில் இரு புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள மின்தடை 1.5 ஓம். அதனை ஓர் ஓம் ஆக்க எந்த மதிப்புடைய மின்தடையை அதற்கு இணையாக இணைக்க வேண்டும்?

**விடை :** தேவையான மின்தடை $x$ எனக் கொள்வோம்.

இரு மின்தடைகள் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைக்கப் படும்போது

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{1} = \frac{1}{1\cdot5} + \frac{1}{x}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{1} - \frac{1}{1\cdot5}$$

$$= \frac{1\cdot5 - 1}{1\cdot5}$$

$$= \frac{\cdot5}{1\cdot5}$$

$\therefore$ $x = 3$ ஓம்கள்.

(4) 6 ஓம்கள், 8 ஓம்கள் மின்தடையுள்ள இரு கடத்திகளை 6 வோல்ட் மின் இயக்கு விசையுள்ள ஒரு மின்கலத் தொகுப்புடன் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைக்கப்படும்போது அவற்றின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக.

**விடை:** மின்தடைகள் பக்க இணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால் அவற்றின் இணைமாற்று மின் தடை

$x$ எனின், $$\frac{1}{x}=\frac{1}{6}+\frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{x}=\frac{4+3}{24}$$

$$=\frac{7}{24}$$

$$x=\frac{24}{7} \text{ ஓம்கள்}$$

எனவே, மின்சுற்றின் வழியே மின்னோட்டம்

$$C=\frac{6}{x}$$

$$=\frac{6\times 7}{24}$$

$$= 1{\cdot}75 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

இனி, 6 ஓம்கள் வழியாக $C_1$ ஆம்பியரும், 8 ஓம்கள் வழியாக $C_2$ ஆம்பியரும் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதாகக் கொள்வோம்.

$$\therefore \quad C_1 = \text{மொத்த மின்னோட்டம்} \times \frac{8}{8+6}$$

$$= 1{\cdot}75 \times \frac{8}{14}$$

$$= 1 \text{ ஆம்பியர்}$$

$$\therefore \quad C_2 = 0{\cdot}75 \text{ ஆம்பியர்}$$

6 ஓம்கள் மின்தடை வழியாக மின்னோட்டம் 1 ஆம்பியர்

8 ஓம்கள் மின்தடை வழியாக மின்னோட்டம் ·75 ஆம்பியர்.

(5) ஒரு வீட்டில் ஆயிரம் வாட் மின் அடுப்பு ஒன்றும், 8 நாற்பது வாட் மின் விளக்குகளும் உள்ளன. நாள் ஒன்றுக்கு மின் அடுப்பு 6 மணி நேரமும், மின் விளக்குகள் 4 மணி நேரமும் செயற்படுமாயின், 30 நாள்கள் கொண்ட ஒரு

மாதத்திற்கு ஆகும் மின்சாரச் செலவைக் கணக்கிடுக. [ஓர் அலகு (கிலோவாட் மணி) மின்சாரத்தின் விலை ·32 பைசாக்கள்.]

**விடை :** ஆயிரம் வாட் மின் கருவி ஒன்று ஒரு மணி நேரம் தொழிற்படுமாயின் செலவாகும் மின்னாற்றல் ஒரு கிலோ வாட் மணி.

∴ ஒரு நாளில் மின் அடுப்பு ஏற்கும் மின்னாற்றல் = 6 கி.வா.ம.

ஒரு மின்விளக்கு ஒரு மணி நேரத்தில் ஏற்கும் ஆற்றல் $= \frac{40}{1000}$

= 0.04 கி.வா.ம.

∴ 8 விளக்குகள் 4 மணி நேரத்தில் அதாவது ஒரு நாளில் ஏற்கும் மின்னாற்றல் = .04 × 32 = 1·28 கி.வா.ம.

∴ ஒரு நாளில் செலவாகும் மின்னாற்றல் = 7·28 கி.வா.ம.

30 நாள்களில் செலவாகும் மின்னாற்றல் = 30 × 7·28 கி.வா.ம.

எனவே, மின்சாரச் செலவு = 30 × 7·28 × 0·32 ரூபாய்கள்

= 69·87 ரூபாய்கள்.

(6) 60 ச.செ.மீ. மேற்பரப்புக் கொண்ட ஒரு பொருளுக்கு 0·1 மி.மீ. கனத்திற்கு வெள்ளிப் பூச்சுக் கொடுக்க வேண்டியிருக்கிறது. மின்பகு கலத்தின் வழியாக 1·5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டால் மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட வேண்டிய நேரத்தைக் கணக்கிடுக.

(வெள்ளியின் அடர்த்தி = 10·5 கிராம்/க.செ.மீ; மி.ர. எண் = 0·001118 கிராம்/கூலும்)

**விடை :** பூச்சுக் கொடுக்கப்பட வேண்டிய வெள்ளியின்

பருமன் = 60 × ·01 = 0·6 க.செ.மீ.

நிறை ($m$) = 0·6 × 10·5 = 6·3 கிராம்.

மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட வேண்டிய நேரம் $t$ வினாடிகளாயின்,

$$m = ect$$

$$6{\cdot}3 = 0{\cdot}001118 \times 1{\cdot}5 \times t$$

$$t = \frac{6{\cdot}3}{0{\cdot}001118 \times 1{\cdot}5} \text{ வினாடிகள்}$$

$$= \frac{6{\cdot}3}{0{\cdot}001118 \times 1{\cdot}5 \times 60 \times 60} \text{ மணி}$$

= 1 மணி 3 நிமிடம்.

∴ மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட வேண்டிய நேரம் 1 மணி 3 நிமிடம்.

## வினாக்கள்

(1) லெக்லான்சி மின்கலம், டேனியல் மின்கலம் ஆகியவற்றை விளக்குக. வோல்ட்டா மின்கலத்திலுள்ள குறைபாடுகள் இவற்றில் எவ்வாறு தவிர்க்கப்படுகின்றன?

(2) ஒரு கம்பிச்சுருளின் வழியாக மின்னோட்டம் செல்லும் போது அதன் மையத்தில் உருவாகும் காந்தப் புலத்திற்கான எண்ணியல் கோவையைப் பெறுக.

(3) டான்ஜென்ட் கால்வனுமீட்டரையும் அதன் தத்துவத்தையும் விளக்குக. அதனைக் கொண்டு ஒரு மின்சுற்றில் ஏற்படும் மின்னோட்டத்தை எவ்வாறு அளவிடலாம்?

(4) ஓமின் விதியைக் கூறுக. அதனை மெய்ப்பிப்பதற்கான சோதனை ஒன்றை விளக்குக.

(5) வோல்ட், மின் இயக்கு விசை ஆகியவற்றை வரையறுத்துக் கூறுக. ஒரு மின்கலத்தின் மின் இயக்குவிசை, அதன் முனைகளுக்கிடையே நிலவும் பயனுறு மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றை வேறுபடுத்திக் காண்க.

(6) இயங்கு கம்பிச்சுருள் கால்வனுமீட்டரை விவரித்துக் கூறுக. அதனை (i) அம்மீட்டர் (ii) வோல்ட்மீட்டர் ஆக எங்ஙனம் மாற்றலாம்?

(7) ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மின்தடைகளை (i) தொடரிணைப்பு (ii) பக்க இணைப்பு முறையில் இணைக்கும்போது அவற்றின் இணைமாற்று மின்தடையின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.

(8) வீட்ஸ்டன் இணைப்பின் தத்துவத்தை விளக்குக.

மீட்டர் இணைப்பின் உதவியால் ஒரு கம்பிச்சுருளின் மின்தடை எண்ணைக் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

(9) மின்னழுத்தமானி என்றால் என்ன?

மின்னழுத்த மானியைக் கொண்டு இரு மின்கலங்களின் மின்னியக்கு விசைகளை எவ்வாறு ஒப்பு நோக்கலாம்?

(10) வெப்பப் பலனுக்கான ஜூலின் விதிகளைக் கூறுக.

ஜூல் கேலரிமானியைக் கொண்டு வெப்பத்தின் எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்றைக் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

(11) ஃபாரடேயின் மின்பகுப்பு விதிகளைக் கூறுக.

ஒரு தனிமத்தின் மின்-இரசாயன எண் என்றால் என்ன?

தாமிரத்தின் மின்-இரசாயன எண்ணைக் காண்பதற்கான சோதனையை விளக்குக.

(12) மின்காந்தத் தூண்டுதலின் விதிகளைக் கூறுக.

இருதிசை மின்னோட்ட டைனமோவையும் அது தொழிற்படு விதத்தையும் விளக்குக.

(13) 5 சுற்றுகளும் 7·5 செ.மீ. ஆரமும் கொண்ட ஒரு கம்பிச்சுருளின் வழியாக 1·5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் நிகழும் போது அதன் மையத்தில் உருவாகும் காந்தப்புல வலிமையைக் கணக்கிடுக. [0·63 காஸ்]

(14) ஒரு டான்ஜென்ட் கால்வனா மீட்டரிலுள்ள கம்பிச் சுருளின் ஆரம் 7 செ.மீ., சுற்றெண்ணிக்கை 10. அதில் 30° விலக்கம் ஏற்படுத்தக்கூடிய மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக. (H = ·33 காஸ்) [·24 ஆம்பியர்]

(15) 7·5 செ.மீ.ஆரமும், சுற்றெண்ணிக்கை 50-ம் கொண்ட டான்ஜென்ட் கால்வனா மீட்டரின் சுருக்கக் காரணியைக் கணக்கிடுக. [0·089]

(16) ஒரு மின்சுற்றில் இரு புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள மின்தடை 5 ஓம்கள். அதன் மதிப்பை 2 ஓம்களாகக் குறைப்பதற்கு அதற்கிணையாக இணைக்கப்படவேண்டிய மின்தடையைக் கணக்கிடுக. [3·33 ஓம்கள்]

(17) 297 ஓம்கள் மின்தடை கொண்ட ஒரு மின்னோட்டங்காட்டியுடன் ஒரு மின் தடை பக்க இணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டு, இந்த அமைப்பின் வழியாக 3 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செலுத்தப்படுகிறது. கால்வனா மீட்டரில் பெரும விலக்கம் நிகழும்போது அதன் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டம் 0·03 ஆம்பியர் என்றால் கால்வனா மீட்டரில் பெரும விலக்கம் நிகழ்வதற்கு அதனுடன் இணைக்கப்பட வேண்டிய மின்தடையின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக. [3 ஓம்கள்]

18. 4 ஓம்கள், 6 ஓம்கள் மின்தடை கொண்ட இரு கடத்திகள், 2 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையும் 1·2 ஓம் அக மின்தடையும் கொண்ட ஒரு மின்கலத்துடன் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவை ஒவ்வொன்றின் முனைகளுக்கிடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளைக் கணக்கிடுக. [·71 வோல்ட், 1·07 வோல்ட்]

19. ஒரு மின்சாரச் சூடேற்றியில் 230 வோல்ட்—750 வாட்டுகள் எனக் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. அதன் மின்தடையைக் கணக்கிடுக. அதனுதவியால் 3 லிட்டர் நீரின் வெப்பநிலையை 28°C-லிருந்து 98°C-க்கு உயர்த்துவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் கணக்கிடுக.

[70·5 ஓம்கள், 19 நிமிடங்கள் 36 விநாடிகள்]

20. ஒரு தாமிர மின்பகு கலத்தின் வழியாக 1 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செலுத்தப்படுகிறது. 1 கிராம் செம்பு வெளிப்படுவதற்கான நேரத்தைக் கணக்கிடுக (செம்பின் மி.ர.எ.=0·00033 கிராம்/கூலம்).

[50 நிமிடங்கள் 31 விநாடிகள்]

21. ஒரு வீட்டில் ஐந்து 40 வாட் மின்விளக்குகளும் ஒரு 40 வாட் ரேடியோவும் உள்ளன. விளக்குகள் ஒரு நாளில் நான்கு மணி நேரமும், ரேடியோ எட்டு மணி நேரமும் இயங்குமாயின், ஏப்ரல் மாதத்திற்காகும் மின்சாரச் செலவைக் கணக்கிடுக. (ஓர் அலகு மின்சாரத்தின் விலை 32 பைசாக்கள்.)

[10.75 ரூபாய்கள்]

# கலைச்சொற்கள்

## A

| | | |
|---|---|---|
| Absolute expansion | — | சார்பிலாப் பெருக்கம் |
| Coefficient of —, | — | சார்பிலாப் பெருக்க எண் |
| Absolute scale temperature | — | மெய் வெப்பநிலை அளவீட்டு முறை |
| Absolute temperature | — | மெய் வெப்ப நிலை |
| Absolute unit | — | சார்பிலா அலகு |
| Absolute zero | — | மெய்ச்சுழி |
| Acceleration | — | முடுக்கம் |
| —, due to gravity | — | ஈர்ப்பு முடுக்கம் |
| Acid hydrometer | — | அமிலமானி |
| Adjustment | — | சீரமைவு |
| Agate | — | அகேட்டு |
| Air chamber | — | காற்றறை |
| Alternate angles | — | ஒன்றுவிட்ட கோணங்கள் |
| Alternating current Dynamo | — | இருதிசை மின்னோட்ட டைனமோ |
| Amber | — | அம்பர் |
| Ammeter | — | அம்மீட்டர் |
| Ampere | — | ஆம்பியர் |
| Amplitude | — | வீச்சு |
| Angle of deviation | — | திசை மாற்றக் கோணம் |
| Angle of emergence | — | விடுகோணம் |
| Angle of incidence | — | படுகோணம் |
| Angle of minimum deviation | — | சிறுமத் திசை மாற்றக்கோணம் |
| Angle of reflection | — | எதிரொளிக் கோணம் |
| Angle of refraction | — | விலகு கோணம் |

Angular velocity — கோணத் திசை வேகம்

Anamalous — பொது நிலை பிறழ்ந்த

Antinode — எதிர்க்கணு

Apparent distance — தோற்றத் தொலைவு

Apparent expansion — தோற்றப் பெருக்கம்

Coefficient of—, — தோற்றப் பெருக்க எண்

Archimedes — ஆர்க்கிமீடிஸ்

Atmosphere — வளி மண்டலம்

Atmospheric pressure — வளி அழுத்தம்

Attractive property — கவரும் பண்பு

Auxiliary scale — துணைக்கோல்

Axial line — அச்சுக்கோடு

## B

Balance, — தராசு

physical—, — பௌதிகத் தராசு

spring—, — வில் தராசு

—, wheel — துடிப்பியக்கச் சக்கரம்

Balancing columns — சரியீட்டுத் தம்பங்கள்

Balancing length — சரியீட்டு நீளம்

Balancing point — சரியீட்டுத் தானம்

Barometer — பாரமானி

Barrel — மிடா

Base line — ஆதாரக் கோடு

Beam — தூலம், ஒளிக்கற்றை

Bicycle reflector — மிதிவண்டி எதிரொளிப்பான்

Binoculars — பைனுகுலர்

Block (pulleys) — கப்பிதாங்கி

Blow pipe flame — ஊது குழாய்ச் சுவாலை

Board of Trade of London — லண்டன் வர்த்தகக் குழு

Body — பொருள்

Boiling point — கொதிநிலை

Boyle — பாயில்

Bramah press — பிராமா அழுத்தி எந்திரம்

British System — பிரிட்டன் முறை

British Thermal unit — பிரிட்டன் வெப்ப அலகு

C

Caloric — கேலரிக்
Calorie — கேலரி
Calorimeter — கேலரிமானி
Capillary tube — நுண் குழாய்
Casing — பொதியுறை
Cerico hyvac pump — சென்கோ ஹைவேக் பம்பு
Centimeter — சென்டிமீட்டர்
Centre of buoyancy — மிதவைத் திறன் மையம்
Centre of curvature — வளைவு மையம்
Centre of gravity — புவியீர்ப்பு மையம்
Centrifugal force — மைய விலக்கு விசை
Centrifugal pump — மைய விலக்குப் பம்பு
Centripetal force — மைய நோக்கு விசை
Charge — மின்னூட்டம்
 Negetive—, — எதிர் மின்னூட்டம்
 Positive—, — நேர் மின்னூட்டம்
Charged condition — மின்னேற்ற நிலை
Charles' law — சார்லஸ் விதி
Chemical equivalent — ரசாயனச் சம எடை
Ciliary muscles — சிலியரைத் தசைகள்
Circular motion — வட்ட இயக்கம்
Clamp — பற்றுக்கோல்
Clip — இறுக்கி
Coefficient of expansion — பெருக்க எண்
Common pump — பொதுப் பம்பு
Commutator — திசை மாற்றி
Compass — திசை காட்டி
 —, box — காந்த ஊசிப் பெட்டி
 —, needle — சுழல் காந்த ஊசி
Compensated — ஈடு செய்யப்பட்ட
Components — ஆக்கக் கூறு
Composition — தொகுப்பு
Compression pump — காற்றழுத்தும் பம்பு
Conduction — வெப்பங் கடத்தல்
Conductors — கடத்திகள்
Constant — மாறிலி
Constant immersion — மாரு அமிழ்வு
Convection — வெப்பச் சலனம்
Convergent beam — குவி கற்றை

Converse — மறுதலை
Copper sulphate — தாமிர சல்ஃபேட், துருசு
Cork screw rule — திருகு விதி
Corresponding angles — ஒத்த கோணங்கள்
Coulomb — கூலம்
Couple — இரட்டை
Critical angle — மாறுநிலைக் கோணம்
Cubical expansion — பருமப் பெருக்கம்
  Coefficient of —, — பருமப் பெருக்க எண்
Current, — மின்னோட்டம்
  Alternating —, — இருதிசை மின்னோட்டம்
Cycle pump — மிதிவண்டி பம்பு
Cylinder — நீள் உருளை

## D

Daniell cell — டேனியல் மின்கலம்
Davy — டேவி
Decimal system — பதின்ம முறை
Declination — காந்த ஒதுக்கம்
Deflection — விலக்கம், விலகல்
Deflection magnetometer — விலகு காந்தமானி
Degree — பாகை, டிகிரி (வெப்பவியல்)
Density — அடர்த்தி
  —, bottle — அடர்த்தி சீசா
Depolariser — துருவகரண நீக்கி
Derived quantities — வழிவந்த ராசிகள்
Develop — உருத்துலக்குதல்
Dewar — டிவார்
Dew point — பனிநிலை
Dielectric constant (Specific Inductive capacity) — மின்தூண்டற்றிறன்
Dioptre — டையாப்டர்
Dip — காந்தச் சரிவு
Directive property — திசைச் சுட்டும் பண்பு
Dispersion — நிறப்பிரிகை
Displacement — இடப்பெயர்ச்சி
Distinct vision — தெளிவுக் காட்சி
Divergent beam — விரிகற்றை
Division — பகுதி

Dry cell — பசை மின்கலம்
Dyne — டைன்
Dynamics — இயக்கவியல்

E

Earth's magnetic field — புவிக்காந்தப் புலம்
Elements of —, — புவிக்காந்தப்புல மூலகங்கள்
Ebonite — எபொனைட்
Eccentrically — உறழ் வட்டமாக
Eclipse, — கிரகணம்
Annular —, — கங்கணக் கிரகணம்
Lunar —, — சந்திர கிரகணம்
Partial —, — குறை கிரகணம்
Solar —, — சூரிய கிரகணம்
Efficiency — இயக்கு திறம்
Effort — முயற்சி
—, arm — முயற்சி புயம்
Einstein — ஐன்ஸ்டீன்
Electric field, — மின்புலம்
Intensity of —, — மின்புல வலிமை
Electroscope, — மின்காட்டி
Gold leaf —, — தங்க இலை மின் காட்டி
Emergent ray — விடுகதிர்
Energy, — ஆற்றல்
Electric —, — மின்னாற்றல்
Kinetic —, — இயக்க ஆற்றல்
Mechanical —, — எந்திர ஆற்றல்
Potential —, — நிலை ஆற்றல்
Equatorial line — நடுவரைக் கோடு
Equatorial region — நில நடுக்கோட்டுப் பகுதி
Equilibrant — எதிர்ச் சமனி
Equilibrium, — சமநிலை
Neutral —, — நடுவியல் சமநிலை
Stable —, — உறுதிச் சமநிலை
Unstable —, — உறுதியிலாச் சமநிலை
Equivalent resistance — இணைமாற்று மின் தடை
Erg — எர்க்
Excited — அதிர்வூட்டப்பட்ட
Exhaust pump — வெளியேற்றும் பம்பு

Externally — புறவியலாக
Eye piece — விழிக் கருவி
Electro chemical Equivalent — மின்-ரசாயன எண்
Elecrolysis — மின் பகுப்பு
Electrolyte — மின்பகு திரவம்
Electro magnetic induction — மின்காந்தத் தூண்டல்
Electromotive force — மின் இயக்கு விசை, மின்னியக்கு விசை
Electrotype — மின் அச்சுப்படி

F

Faraday — ஃபாரடே
Fire engine — தீயணைக்கும் எந்திரம்
Floatation — மிதத்தல்
Fluids — பாய் பொருள்கள்
Foot — அடி
Foot ball inflator — காற்பந்து காற்றடைப்பான்
Foot-pound — அடி-பவுண்டு
Foot-poundal — அடி-பவுண்டல்
Foot scale — அடிக்கோல்
Force — விசை
Line of —, — விசைக்கோடு
Forced vibration — வலிந்த அதிர்வு
Force pump — விசைப் பம்பு
Fortin — ஃபார்ட்டின்
Freezing mixture — உறை கலவை
Friction — உராய்வு
Fundamental note — மூல சுரம்
Fundamental quantity — அடிப்படை ராசி
Fuse — மின்காப்புருகி
Fusion — உருகுதல்

G

Galvanometer — கால்வனோ மீட்டர்
Tangent —, — டான்ஜென்ட் கால்வனோ மீட்டர்
Gas — வாயு
Gas constant, — வாயு மாறிலி

Charecteristic —, — வாயுச் சிறப்பு மாறிலி
Universal —, — அனைத்து வாயு மாறிலி
—, equation — வாயுச் சமன்பாடு
Geographic meridian — புவியியல் துருவத்தளம்
Geometry — வடிவியல்
Glaisher — கிளேஷர்
Governor — வேகங் காக்கும் அமைவு
Gram — கிராம்
—, weight — கிராம் எடை
Graph — வரை படம்
—, paper — வரை படத் தாள்
Graphical representation — வரை உரு அமைப்பு
Gravitational unit — ஈர்ப்பலகு
Grid — சட்டத் தொகுப்பு
Gymbols — சுழல் விளை முளைகள்

H

Hair spring — நுண்ணிழை விசைச் சுருள்
Hare's apparatus — ஹேர் கருவி
Harmonic — கிளைசுரம்
Harrison — ஹேரிசன்
Head scale — தலைக்கோல்
Heat — வெப்பம், வெப்பவியல்
Hope's apparatus — ஹோப் ஆய்கருவி
Horizontal plane — கிடைத்தளம்
Horse power — குதிரைத் திறன்
Hydraulic press — நீராற்றல் எந்திரம்
Hydrostatic machine — நிலைப்பாய்பொருளியல் எந்திரம்
Hydrostatics — நிலைப்பாய்பொருளியல்
Hygrometer — ஈரமானி
Hygrometry — ஈர அளவியல்
Hypsometer — ஹிப்சாமீட்டர்

I

Ideal — இலட்சிய
Ignition point — எரிநிலை
Image, — பிம்பம்
Real —, — மெய் பிம்பம்
Virtual —, — மாய பிம்பம்

Incident ray — படுகதிர்
Inclined plane — சாய்தளம்
Index — குறிகாட்டி, குறிமுள்
Induction — தூண்டுதல்
Inertia — நிலைமம்
Infinite — முடிவிலா
Infinity — முடிவிலி
Insulator — காப்புப் பொருள்
Interaction — செயலெதிர்ச் செயல்
Internally — அகவியலாக

J

Jockey — தொடுகோல்
Jolly's apparatus — ஜாலியின் ஆய்கருவி
Joule — ஜூல்
Joule's calorimeter — ஜூல் கேலரிமானி
Joule's coil — ஜூல் கம்பிச்சுருள்
Junction — சந்தி

L

Lactometer — பால்மானி
Lami's theorem — லாமியின் தேற்றம்
Land breeze — நிலக்காற்று
Laplace — லாப்லஸ்
Latent heat — உள்ளுறை வெப்பம்
—, of fusion — உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்
—, of steam — நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்
—, of sublimation — பதங்கமாதலின் உள்ளுறை வெப்பம்
—, of vapourisation, — ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம்
—, of water — நீரின் உள்ளுறை வெப்பம்
Law of conservation, — அழிவின்மை விதி
—, of energy — ஆற்றல் அழிவின்மை விதி
—, of momentum — உந்தம் அழிவின்மை விதி
Law of inverse square — எதிர்விகித இருமடி விதி

Law of parallelogram of forces — விசைகளின் இணைகர விதி
Law of triangle of forces — விசைகளின் முக்கோண விதி
Least count — மீச்சிற்றளவை
Leclanche cell — லெக்லான்சி மின்கலம்
Length — நீளம்
Lens, — லென்ஸ்
  Concave —, — குழிலென்ஸ்
  Convex —, — குவிலென்ஸ்
Lenz — லென்ஸ்
Levelling screws — சரிமட்டத் திருகாணிகள்
Lever — நெம்புகோல்
Limit — எல்லை
Linear expansion — நீளப் பெருக்கம்
  Coefficient of —, — நீளப் பெருக்க எண்
Linear velocity — நேர்கோட்டு வேகம்
Liquid — திரவம்
Local action — உள்ளிட நிகழ்ச்சி
Longitudinal wave — நெட்டலை
Long sight — தூரப்பார்வை
Loudness — முழக்கம்
Lower fixed point — கீழ்த்திட்டவரை
Luminious — ஒளிரும் தன்மையுள்ள

M

Magdeberg — மாக்டபெர்க்
Magnet — காந்தம்
Magnetic field — காந்தப்புலம்
  Intensity of — — காந்தப்புல வலிமை
  Map of —, — காந்தப்புலப் படம்
Magnetic induction — காந்தத் தூண்டல்
Magnetic line of force — காந்த விசைக்கோடு
Magnetic meridian — காந்த துருவத் தளம்
Magnetic pole — காந்த துருவம்
Magnetic repulsion — காந்த ஒதுக்கல்
Magnetite — மாக்னடைட்
Magnification — உருப்பெருக்கம்
Magnifying power — உருப்பெருக்கு திறன்
Magnitude — எண் மதிப்பு
Main scale — மூலக்கோல்

Manometer — அழுத்தமானி
Mass — நிறை
Material — மூலப்பொருள்
Matter — பருப்பொருள்
Maxwell — மாக்ஸ்வெல்
Mechanical advantage — எந்திரப் பயன்
Mechanical equivalent of heat — வெப்பத்தின் எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று
Median — மையக்கோடு
Melting point — உருகுநிலை
Methane — மெத்தேன்
Metre bridge — மீட்டர் இணைப்பு
Metre scale — மீட்டர் கோல்
Metric system — மெட்ரிக் முறை
Microscope, — நுண்ணோக்கி
  Compound —, — கூட்டு நுண்ணோக்கி
Minute — நிமிடம், கலை ($\frac{1}{60}$ பாகை)
Mirage — கானல் நீர்
Mirror — ஆடி
  Concave —, — குழி ஆடி
  Convex —, — குவி ஆடி
  Parallel mirrors — இணை ஆடிகள்
  Perpendicular mirrors — குத்து ஆடிகள்
  Plane mirrors — சமதள ஆடிகள்
  Spherical mirrors — கோளக ஆடிகள்
Moment, — திருப்பு திறன்
  Anti clockwise —, — இடந்திருப்பு திறன்
  Clockwise —, — வலந்திருப்பு திறன்
Momentum — உந்தம்
Musical note — இசை சுரம்

N

Napthalene — நாப்தலின், இரச கற்பூரம்
Negative — எதிர்க்குறியுடைய, எதிரின
Neutral points — சுழி வலிமைப் புள்ளிகள்
Newton — நியூட்டன்
Node — கணு
Noise — இரைச்சல்
Non luminious — ஒளிராத் தன்மையுள்ள

| | |
|---|---|
| Normal | — லம்பம் |
| —, acceleration | — லம்ப முடுக்கம் |
| N. T. P. | — இ. வெ. அ. (இயல்பான வெப்பநிலை, அழுத்தம்) |

O

| | |
|---|---|
| Objective | — பொருளருகு லென்ஸ் |
| Observation | — காட்சிப் பதிவு |
| Oersted | — ஓர்ஸ்டட் |
| Ohm | — ஓம் |
| Opaque | — ஒளிபுகாத |
| Opening | — திறப்பு |
| Optical instruments | — ஒளியியல் கருவிகள் |
| Optic centre | — ஒளிமையம் |
| Oscillate | — அலைவுறுதல் |
| Oscillation | — அலைவு |
| Period of —, | — அலைவு நேரம் |
| Overtone | — மேற்சுரம் |

P

| | |
|---|---|
| Parallax error | — இடமாறு தோற்றப் பிழை |
| Parallel beam | — இணைகற்றை |
| Parallel forces | — இணைவிசைகள் |
| Like—, | — ஒரு போக்கு இணை விசைகள் |
| Unlike—, | — எதிர்ப் போக்கு இணைவிசைகள் |
| Parallel grouping | — பக்க இணைப்பு |
| Particle | — துகள் |
| Pascal's vases | — பாஸ்கல் கலங்கள் |
| Paul vernier | — பால் வெர்னியர் |
| Perpendicular | — நேர்குத்துக்கோடு |
| Penumbra | — புறநிழல் |
| Phase | — கட்டம், அதிர்வுநிலை |
| Photographic plate | — ஒளியுணர் தகடு |
| Piston | — உந்து தண்டு |
| Pitch | — புரியிடைத்தூரம் (திருகு) |
| Pitch | — சுருதி (ஒலியியல்) |
| Pitch scale | — புரிக்கோல் |
| Pivoted | — சுழல்முளை மூலம் இணைக்கப் பட்ட |

Plug key — முளைச்சாவி
Plump line — தூக்குக்குண்டு
Pocket watches — பைக்கடிகாரங்கள்
Point of incidence — படுதானம்
Polarisation — துருவகரணம்
Pole — ஆடி மையம்
Positive — நேர்க்குறியுடைய, நேரின
Potential — மின்னழுத்த நிலை
—, difference — மின்னழுத்த வேறுபாடு
Potentio meter — மின்னழுத்தமானி
Pound — பவுண்டு
—, weight — பவுண்டு எடை
Poundal — பவுண்டல்
Power — திறன்
—, of accomodation — இசைவுபடு திறன்
Practical unit — நடைமுறை அலகு
Pressure, — அழுத்தம்
—, coefficient — அழுத்தப் பெருக்க எண்
Principal axis — முக்கிய அச்சு
Principal focus — முக்கிய குவியம்
Prism — முப்பட்டகம்
Progressive wave — முன்னேறு அலை
Pulley, — கப்பி
Fixed —, — நிலைக்கப்பி
Movable —, — இயங்கு கப்பி

R

Radian — ரேடியன்
Radiation — கதிர் வீசல்
Radiant heat — வீசுகதிர்
Radius of curvature — வளைவு ஆரம்
Radius vector — ஆரவெக்டர்
Ram — ரேம்
Ratchet — ஒருவழித் தடையமைவு
Ratio — தகவு, விகிதம்
Reaction — எதிர்விசை
Reading — அளவீடு
Real distance — மெய்த் தொலைவு

Reciprocal — தலைகீழ் மதிப்பு
Recoil — பின் அசைவு
Rectilinear propagation — நேர் கோட்டு இயக்கம்
Reduction factor — சுருக்கக் காரணி
Reflected ray — எதிரொளிக் கதிர்
Reflection — எதிரொளிப்பு
Multiple —, — பலபடி எதிரொளிப்பு
Reflected ray — விலகு கதிர்
Refraction — ஒளி விலகல்
Refractive index — ஒளி விலகல் எண்
Relative humidity ஒப்பு ஈரப்பதன்
Relative motion — சார்பியக்கம்
Resistance — மின் தடை
Resolution of forces — விசைப் பிரிவீடு
Resononce, — ஒத்திசைவு
—, column — ஒத்திசைவுத் தம்பம்
—, length — ஒத்திசைவு நீளம்
Resting point — நிலைத்தானம்
Zero —, — எடையிரா நிலைத்தானம்
Resultant — தொகுபயன்
Retardation — எதிர் முடுக்கம்
Retina — விழித்திரை
Revolution, — சுழற்சி
Frequency of —, — சுழற்சி அடுக்கம்
Period of —, — சுழற்சி நேரம்
Rheostat — (மின்) தடைமாற்றி
Rotation — சுழற்சி
Rotor — சுழற்கூறு
Rumford — ரம்ஃபோர்டு

S

Saturated vapour, — நிறைசெறிவு ஆவி
—, pressure — நிறைசெறிவு அழுத்தம்
Safety lamp — காப்பு விளக்கு
Scalar — ஸ்கேலார்
Scale — அளவுகோல், அளவுத்திட்டம்
Scale pane — நிறைத் தட்டு
Screw gauge — திருகு அளவி
Sea breeze — கடற்காற்று

Second — விநாடி, இரண்டாவது, விகலை ($\frac{1}{60}$ கலை)
Self repellent — சுய விலக்குத் தன்மையுடைய
Sensibility — உணர்வு நுட்பம்
Sensitiveness — உணர்வு நுட்பம்
Sensitive — உணர்வு நுட்பமிக்க
Series grouping — தொடரிணைப்பு
Shadow — நிழல்
Short sight — கிட்டப் பார்வை
Sign convension — குறியீட்டு மரபு
Simple harmonic motion — சீரிசை இயக்கம்
Simple machine — இலகு எந்திரம்
Simple pendulam — தனி ஊசல்
Sinclair's heater — சின்க்ளேர் சூடேற்றி
Sine — சைன்
Sinker — அமிழ்த்தி
Siphon — வடிகுழாய்
Sir Humphry Davy — சர் ஹம்ஃப்ரி டேவி
Slide — இழைதல்
Slip ring — நழுவு வளையம்
Solar day, — சூரிய நாள்
Mean —, — சராசரி சூரிய நாள்
Solid — திடப்பொருள்
Sound — ஒலி
Specific gravity — ஒப்பு அடர்த்தி
Specific heat — வெப்ப எண்
Specific resistance — மின்தடை எண்
Spectrum — நிறமாலை
Speed — வேகம்
Spherometer — கோளமானி
Spindle — ஊடச்சு முளை
Spiral spring — திருகுச் சுருள்வில்
Spouting cylinder — பீற்றுக் கலம்
Square — இருமடி, சதுரம்
Statics — நிலையியல்
Stationary waves — நிலை அலைகள்
Stator — நிலைக்கூறு
Steam — நீராவி
Stirrup — கொக்கி
Stop clock — நிறுத்து கடிகாரம்

Sublimation — பதங்கமாதல்
Superficial Expansion — பரப்புப் பெருக்கம்
Coefficient of —, — பரப்புப் பெருக்க எண்
Super saturation — மீச்செறிவு
Systems of measurements — அளவீட்டு முறைகள்

T

Tan - A position — டான்–A நிலை, A நிலை, அச்சுக் கோட்டு நிலை
Tangent law — டான்ஜென்ட் விதி
Tap key — தட்டுச் சாவி
Telescope — தொலை நோக்கி
Temperature, — வெப்பநிலை
—, gradient — வெப்பநிலை வாட்டம்
Terminals — இணைப்பு முனைகள்
Test-tube float — சோதனைக் குழாய் மிதவை
Thermal capacity — வெப்ப ஏற்புத்திறன்
Thermal conductivity — வெப்பங்கடத்து திறன்
Thermo couple — வெப்ப இரட்டை
Thermo electricity — வெப்ப மின்னோட்டம்
Thermometer, — வெப்பநிலைமானி
Clinical —, — மருத்துவ வெப்பநிலைமானி
Six's Maximum, Minimum— சிக்ஸின் பெரும சிறும வெப்ப நிலைமானி
Thermopile — வெப்பங்காட்டி அடுக்கு
Thermoscope, — வெப்பங்காட்டி
Ether —, — ஈதர் வெப்பங்காட்டி
Thermos flask — தெர்மாஸ் குடுவை
Thrust —, — அமுக்கம்
Up thrust — மேல் நோக்கு அமுக்கம்
Timbre — ஒலிப் பண்பு
Time — காலம்
Torricelli — டாரிசெல்லி
Total internal reflection — பூரண அக எதிரொளிப்பு
Total reflection prism — பூரண அக எதிரொளிப்பு முப்பட்டகம்
Transluscent — ஒளிக்கசிவுள்ள
Transparent — ஒளிபுகு
Transverse wave — குறுக்கலை
Tuning fork — இசைக்கவை

## U

Umbra — அக நிழல்
Unit — ஒருமம், அலகு
Upper fixed point — மேல்திட்ட வரை

## V

Vacuum — வெற்றிடம்
Valve — வால்வு
Vane — காற்றுடி
Vapourisation — ஆவியாதல்
Vapour pressure — ஆவி அழுத்தம்
Variable immersion — மாறு அமிழ்வு
Vector — வெக்டர்
Velocity — திசைவேகம்
Velocity ratio — திசைவேகத் தகவு
Ventilator — காற்றுப்புழை
Vernier, — வெர்னியர்
—, calipers — வெர்னியர் காலிப்பர்
—, scale — வெர்னியர் கோல்
Vertical — செங்குத்தான
Vertically opposite angles — குத்தெதிர் கோணங்கள்
Volt — வோல்ட்
Volta — வோல்ட்டா
Voltaic cell — வோல்ட்டா மின்கலம்
Voltameter, — மின்பகு கலம், வோல்ட்டா மீட்டர்
Copper —, — தாமிர மின்பகு கலம்
Silver —, — வெள்ளி மின்பகு கலம்
Water —, — நீர் மின்பகு கலம்
Volt meter — வோல்ட் மீட்டர்
Volume — பருமன்
—, coefficient — பருமப் பெருக்க எண்
Von Guericke — வான்குரிக்

## W

Water Bath — நீர்த்தொட்டி
Water equivalent — வெப்பச் சமநீர்
Water vapour — நீர் ஆவி

| | | |
|---|---|---|
| Watt | — | வாட் |
| Wave length | — | அலை நீளம் |
| Wave motion | — | அலையியக்கம் |
| Weight | — | எடை |
| Weight arm | — | எடைப் புயம் |
| Weight box | — | எடைப் பெட்டி |
| Wheatstone's bridge | — | வீட்ஸ்டன் இணைப்பு |
| Wheel barrow | — | ஒற்றைச் சக்கரக் கைவண்டி |
| Window | — | பலகணி |
| Work | — | வேலை |

Y

| | | |
|---|---|---|
| Yard | — | கெஜம் |

Z

| | | |
|---|---|---|
| Zero | — | சுழி |
| Zero correction | — | தொடக்கத் திருத்தம் |
| Zero end | — | சுழிமுனை |
| Zero error | — | தொடக்கப் பிழை |

# கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

## தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை

## 1970 ஜனவரி வரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

| எண் | நூல் | ஆசிரியர் | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| *1. | பொருளாதாரம்—I | சி. வேலாயுதம் | 6 | 50 |
| *1-A | ,, II | ,, | 9 | 00 |
| *2. | சோவியத் பொருளாதார வளர்ச்சி | டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ் | 4 | 25 |
| *3. | அமெரிக்கப் பொருளாதாரம் | ,, | 4 | 50 |
| *4. | பொருளாதாரச் சிந்தனை வரலாறு | சோணாசலம் | 7 | 00 |
| *5. | பன்னாட்டு வாணிபம் | மு. ஆரோக்கியசாமி | 6 | 00 |
| 6. | புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள் | திருமதி ஆர். தாமரஜாட்சி | 12 | 00 |
| 7. | பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்—I | தி. சி. மோகன் | 12 | 00 |
| 8. | ,, II | எம். ஏ. அபூர்வசாமி, பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன் | 10 | 75 |
| 9. | பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு | க. முத்தையன் | 7 | 00 |
| 10. | பணவியலும் பாங்கியலும்—I | சி. வேலாயுதம் | 6 | 75 |
| 11. | ,, II | ,, | 11 | 50 |
| *12. | நவீன பாங்கு இயல் | க. வெற்றிவேல் | 7 | 50 |
| *13. | இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும் | பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன் | 5 | 50 |
| *14. | அரசாங்க நிதி இயல் | அர. சேஷாசலம் | 4 | 75 |
| 15. | இந்தியப் பொருளியல்—I | எம். பாலசுப்பிரமணியன் | 10 | 00 |
| 16. | ,, II | எம். லூர்துநாதன் | 4 | 25 |

*மூல நூல் (Original Book)

பொருளாதாரம்—(தொடர்ச்சி)

| எண் | நூல் | ஆசிரியர் | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| 17. | நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—I | சி. சுந்தரராஜன் | 10 | 75 |
| 18. | ,, II | எஸ். குழந்தைநாதன் | 10 | 50 |
| 19. | இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு—I | கீ. சீ. இராமசாமி | 6 | 00 |
| 20. | ,, II | ,, | 6 | 00 |
| 21. | அமெரிக்காவின் நவீனபொருளாதாரவளர்ச்சி | தி. சி. மோகன் | 5 | 00 |
| 22. | அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு—I | மு. க. சுப்பிரமணியம் | 11 | 00 |
| 23. | ,, II | பி. வி. சீனிவாசன் | 6 | 00 |
| 24. | ,, III | ,, | 6 | 50 |
| 25. | அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம்—I | மா. குமாரசாமி | 10 | 00 |
| 26. | ,, II | அர. சேஷாசலம் | 9 | 50 |
| 27. | இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I | தே. வேலப்பன் | 10 | 00 |
| 28. | ,, II | ஜி. சிதம்பரம் | 8 | 00 |
| 29. | பணம்—சிறு விளக்கம் | கோ. இராதாகிருஷ்ணன் | 10 | 00 |
| 30. | வணிக இயலின் தத்துவங்கள் | கு. ஆளுடைய பிள்ளை | 9 | 50 |
| 31. | பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில்-வாணிகப் புரட்சி | கு. ரா. கருப்பண்ணன் | 11 | 00 |
| 32. | பென்ஹாம் பொருளாதாரம்—I | ஏ. குழந்தை | 11 | 00 |
| 33. | ,, II | எஸ். குழந்தைநாதன் | 7 | 00 |
| 34. | வரவு செலவுத் திட்டம் | ஆர். ரங்காச்சாரி | 6 | 00 |
| 35. | பன்னுட்டுப் பொருளாதாரம்—I | ஏ. குழந்தை | 7 | 50 |
| 36. | ,, II | கே. எஸ். இராமசாமி | 9 | 00 |
| 37. | பொருளாதார ஆய்வுநூல்—I | கோ. இராதாகிருஷ்ணன் | 7 | 75 |
| 38. | ,, II | ,, | 7 | 00 |
| 39. | வளர்ச்சியுருத நாடுகளின் அரசாங்கநிதியியல் | க. வெற்றிவேல் | 4 | 25 |
| 40. | வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம் பற்றிய சிக்கல்கள் | மா. குமாரசாமி | 5 | 50 |
| 41. | 1939 முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விலைப் போக்குகள் | சி. சுந்தரராஜன் | 7 | 50 |

| No. | Title | Author | Rs. | P. |
|---|---|---|---|---|
| 42. | பொருளாதார வளர்ச்சி பற்றிய கட்டுரைகள் | எம். கே. சுப்பிரமணியம | 7 | 75 |
| 43. | இந்தியப் பொருளாதார வரலாறு (1857—1956)—I | ம. திருநாவுக்கரசு | 7 | 00 |
| 44. | பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம் | பு. வி. சீனிவாசன் | 6 | 25 |

வரலாறு

| No. | Title | Author | Rs. | P. |
|---|---|---|---|---|
| *45. | பிரிட்டன் வரலாறு—I | கி. ர. அனுமந்தன் | 4 | 50 |
| *46. | ,, II | ,, | 3 | 50 |
| *47. | ,, III | ,, | 7 | 25 |
| *48. | ஐரோப்பிய வரலாறு—I | டி. வி. சொக்கப்பா | 4 | 50 |
| 49. | ஐரோப்பா—கடந்த ஐந்து நூற்றுண்டு காலச் சரித்திரம் | வை. விருத்தகிரீசன் | 15 | 00 |
| 50. | இங்கிலாந்து வரலாறு—I | இரா. அண்ணமலை | 13 | 00 |
| 51. | ,, II | பா. மாணிக்கவேலு | 13 | 00 |
| 52. | ,, III | என். ஜே. ராஜகோபால் | 8 | 00 |
| 53. | ,, IV | ,, | 8 | 00 |
| 54. | இங்கிலாந்தின் வரலாறு—I | க. த. திருநாவுக்கரசு | 15 | 00 |
| 55. | ,, II | எம். எக்ஸ். மிராண்டா | 8 | 00 |
| 56. | ,, III | ,, | 5 | 00 |
| 57. | இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு—I | தி. வெ. குப்புசாமி | 7 | 50 |
| 58. | ,, II | ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப் | 9 | 00 |
| 59. | ,, III | அ பாண்டுரங்கன் | 11 | 00 |
| 60. | கிரேக்க நாட்டு வரலாறு—I | சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன் | 7 | 50 |
| 61. | ,, II | ,, | 7 | 00 |
| 62. | ,, III | பி. இராமானுஜம் தேவதாஸ் | 7 | 75 |
| 63. | ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்திய வரலாறு—I | தி. வெ. குப்புசாமி | 8 | 25 |
| 64. | ,, II | ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப் | 7 | 50 |
| 65. | ,, III | க. த. திருநாவுக்கரசு | 10 | 50 |

*மூலநூல் (Original Book)

வரலாறு—(தொடர்ச்சி)

| | | | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| 66. | முகலாயப் பேரரசு—I | ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப், எம். எக்ஸ். மிராண்டா | 7 | 50 |
| 67. | ,, II | எம். எக்ஸ். மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு | 7 | 75 |
| 68. | ஆங்கில அரசியலமைப்பின் வரலாறு—I | வை. விருத்தகிரீசன் | 7 | 50 |
| 69. | ,, II | வை. விருத்தகிரீசன், இரா. அண்ணாமலை | 6 | 75 |
| 70. | ,, III | இரா. அண்ணாமலை, பா. மாணிக்கவேலு | 6 | 50 |
| 71. | ,, IV | பா. மாணிக்கவேலு | 7 | 00 |
| 72. | ஆங்கிலேயரின் சமுதாய வரலாறு—I | சி. ஈ. இராமச்சந்திரன் | 6 | 50 |
| 73. | ,, II | சி. ஈ. இராமச்சந்திரன், இர. ஆலாலசுந்தரம் | 6 | 75 |
| 74. | ,, III | ஆர். ஆலாலசுந்தரம் | 6 | 50 |
| 75. | இந்தியாவில் முகலாயரின் ஆட்சி—I | பா. மாணிக்கவேலு | 5 | 00 |
| 76. | ,, II | ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப் | 6 | 00 |

அரசியல்

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *77. | அரசியல் அமைப்புகள் | ஜே. இராமச்சந்திரன் | 4 | 62 |
| 78. | அரசாங்கத்தின் வரலாறு | மோ. கிளாரன்சு, டி. டி. பெலிக்ஸ் | 7 | 5 |
| 79. | இந்திய அரசியலமைப்பு | வீ. கண்ணையா | 4 | 75 |
| 80. | அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம் | டி. செல்லப்பா | 8 | 50 |
| 81. | தற்கால அரசியல் அமைப்புகள் | மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு | 8 | 50 |
| 82. | பன்னாட்டு அரசியல்—I | திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா | 16 | 00 |
| 83. | ,, II | ,, | 13 | 25 |
| 84. | பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்—I | வீ. கண்ணையா | 9 | 00 |
| 85. | ,, II | இ. ஜெகதீசன் | 7 | 25 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 86. | பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I | வீ. கண்ணையா | 7 50 |
| 87. | ,, II | டி. செல்லப்பா | 7 50 |
| 88. | இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம் | தி.வெ.குப்புசாமி, எஸ்.சுப்பிரமணியன் | 9 25 |
| 89. | இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி—I | வீ. கண்ணையா | 6 25 |
| 90. | ,, II | வீ. கண்ணையா, கி. ர. அனுமந்தன் | 5 75 |
| 91. | ,, III | கி. ர. அனுமந்தன் | |
| *92. | மக்கள் ஆட்சி | க. சந்தானம் | 4 25 |
| 93. | 1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும் | என். ஜே. ராஜகோபால் | 7 75 |
| 94. | சமூக, அரசியல் கொள்கையின் அடிப்படைகள் | மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு | 7 00 |
| 95. | அரசியலமைப்புச் சட்ட ஆய்வுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I | பா. சூரியநாராயணன் | 5 75 |
| 96. | ,, II | பா.சூரியநாராயணன், கி. ர.அனுமந்தன் | 6 00 |
| 97. | ,, III | கி. ர. அனுமந்தன் | 5 75 |

உளவியல்

| | | | |
|---|---|---|---|
| 98. | குழந்தை உளவியல்—I | கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி | 8 00 |
| 99. | ,, II | ,, | 7 00 |
| 100. | உட்கவர் மனம் | சி. ந. வைத்தீஸ்வரன் | 7 00 |
| 101. | இளையோர் உளவியல்—I | தி. இரா. அரங்கராசன் | 12 00 |
| 102. | ,, II | ,, | 9 00 |
| 103. | சமூக உளவியல் | என். வேதமணி மானுவேல் | 9 25 |
| 104. | பிறழ்நிலை உளவியல் | அ. பெசன்ட் கிரீப்பர்ராஜ் | 11 00 |
| 105. | பித்தரின் உள்ளம் | ,, | 3 00 |
| 106. | குமர உள்ளம் | டாக்டர் மு. அறம் | 6 25 |

*மூலநூல் (Original Book)

**தத்துவம்**

| எண் | நூல் | ஆசிரியர் | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| 107. | இந்து சமயத் தத்துவம் | ஞா. ராஜாபகதூர் | 5 | 50 |
| *108. | அறிவு ஆராய்ச்சி இயல் | ஆர். ராமானுஜாச்சாரி | 3 | 50 |
| *109. | மேலைநாட்டுத் தத்துவம் | ஆர். எஸ். தேசிகன் | 3 | 50 |
| 110. | அத்துவித தத்துவம் | கோ. மோ. காந்தி | 6 | 50 |
| 111. | ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர் | மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு | 5 | 50 |
| 112. | இந்தியத் தத்துவம்—I | வ. அ. தேவசேனாபதி, பா. நா. சண்முக சுந்தரம் | 3 | 50 |
| 113. | ,, II | ,, | 6 | 00 |
| 114. | மெய்ப்பொருளியல்—ஓர் அறிமுகம்—I | சி. இராமலிங்கம் | 6 | 00 |

**அறவியல்**

| எண் | நூல் | ஆசிரியர் | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| 115. | அறவியல்—ஓர் அறிமுகம் | கோ. மோ. காந்தி | 8 | 50 |

**அளவையியல்**

| எண் | நூல் | ஆசிரியர் | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| 116. | அளவையியல்—தொடக்க நூல் | கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி | 2 | 50 |

**மானிடவியல்**

| எண் | நூல் | ஆசிரியர் | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| *117. | மானிடவியல் | ம. சு. கோபாலகிருஷ்ணன் | 4 | 75 |
| 118. | பண்பாட்டுக் கோலங்கள் | கி. பூ. சுப்பிரமணியம் | 5 | 50 |
| 119. | இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை | எஸ். இலட்சுமி | 3 | 50 |

**சமூகவியல்**

| எண் | நூல் | ஆசிரியர் | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| 120. | சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள் | ஜே. நாராயணன் | 10 | 50 |

**புவியியல்**

| No. | Title | Author | Rs. | P. |
|---|---|---|---|---|
| 121. | ஆசியா—I | கொ. சேஷ. நரசிம்மன் | 9 | 50 |
| 122. | ,, II | ,, | 8 | 75 |
| 123. | ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல் | ஏ. எஸ். நாராயணன் | 8 | 50 |
| *124. | தென் கிழக்கு ஆசியா | ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி | 8 | 50 |
| *125. | வட அமெரிக்கா | குமாரி இரா. அலுமேலு | 8 | 25 |
| *126. | தென் அமெரிக்கா | எம். என். பத்மநாபன் | 9 | 00 |
| *127. | தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா | திருமதி எச். நியூமன் | 4 | 00 |
| *128. | ,, —ஆஃப்ரிக்கா | எஸ். முத்துகிருஷ்ணக் கரையாளர் | 3 | 25 |
| *129. | புவிப்புறவியல்—II | நா. அனந்தபத்மநாபன் | 6 | 00 |
| *130. | செய்முறைப் புவியியல் | சு. ஜெயசந்திரன் | 9 | 00 |
| *131. | மக்கட்பரப்பியல் | வி. எஸ். அனந்தபத்மநாபன் | 6 | 25 |
| *132. | சமுத்திரவியல் | கோ. இராமசாமி | 6 | 50 |
| 133. | காலநிலை இயல்—I | கொ. சேஷ. நரசிம்மன் | 10 | 00 |
| 134. | ,, II | ,, | 5 | 00 |
| 135. | காலநிலை இயல் | திருமதி இராதா | 10 | 00 |
| 136. | வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம் | கோ. இராமசாமி | 11 | 00 |
| 137. | புவி அமைப்பு இயல் | சி. விஸ்வநாதன் | 4 | 75 |
| 138. | பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும் | கோ. இராமசாமி | 6 | 00 |
| 139. | சிஷோமின் வாணிகப் புவியியல்—I | எஸ். மாணிக்கம் | 9 | 50 |
| 140. | ,, II | எம். கார்த்திகேயன் | 12 | 00 |
| 141. | ,, III | சி. எஸ். நரசிம்மன் | 5 | 75 |

*மூலநூல் (Original Book)

**புள்ளியியல்**

| | | | ரூ. பை. |
|---|---|---|---|
| *142. | புள்ளியியல்—அறிமுகம் | ... சு. வைத்தியநாதன் | ... 10 00 |
| 143. | புள்ளியியல் முறைகள்—I | ... கோ. சண்முகசுந்தரம் | ... 10 00 |
| 144. | ,, II | ... இராஜகோபாலன் | ... 14 00 |
| 145. | நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம் | ... தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன் | ... 6 50 |

**உயர்கணிதம்**

| | | | |
|---|---|---|---|
| *146. | ஆயத்தொலை வடிவகணிதம் | ... டி. கே. மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை | ... 12 50 |
| *147. | வகை நுண்கணிதம் | ... ,, | ... 8 00 |
| *148. | தொகை நுண்கணிதம் | ... தி. கோவிந்தராசன் | ... 9 00 |

**விலங்கியல்**

| | | | |
|---|---|---|---|
| *149. | விலங்கியல் | ... பெ. மா. அண்ணுமலை, இரா. முருகேசன் | ... 12 00 |

**பௌதிகவியல்**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 150. | ஒளி நூல் | ... ச. சம்பத்து | ... 10 00 |

**விஞ்ஞானம்**

| | | | |
|---|---|---|---|
| *151. | வானவெளி வெற்றி | ... டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ் | ... 6 00 |
| *152. | ரேடியோ | ... டாக்டர் பி. திருஞான சம்பந்தம் | ... 4 75 |
| *153. | எக்ஸ்-கதிர்கள் | ... பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம் | ... 4 50 |
| *154. | பாம்புகள் | ... பெ. மா. அண்ணுமலை | ... 3 50 |
| *155. | தாவரம்—வாழ்வும் வரலாறும் | ... டாக்டர் கு. சீனிவாசன் | ... 8 00 |
| *156. | கரும்பு | ... கு. பெரியசாமி | ... 4 00 |
| *157. | தாவரங்களின் வாழ்வியல் | ... எஸ். சுந்தரம் | ... 6 50 |

**மருத்துவம்**

*158. நீரிழிவு—க்ஷயரோகம் ... டாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, டாக்டர் ஏ. கதிரேசன் ... 2 50

159. மகப்பேறும் மாதர் நோயும் ... டாக்டர் (குமாரி) மணிமேகலை ... 8 25

*160. பாக்டீரியா ... சு. சுந்தரம் ... 2 50

161. புற்றுநோய் ... அ. கதிரேசன் ... 3 50

162. உடலியங்கியல்—I ... டாக்டர்கள் ஜி. வேங்கடசாமி, டி. சரோஜனி, எஸ்.கே. துரைராஜ், ஆர். சேது ... 6 75

163. ,, II ... ,, ... 5 50

164. என்புருக்கி நோய் ... டாக்டர் அ. கதிரேசன் ... 7 25

**பொறியியல்**

165. நீங்களே உங்கள் வீட்டைக் கட்டலாம் ... கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். இராமசாமி, கே. வேணுகோபால் 8 50

**கூட்டுறவு**

166. உலகக் கூட்டுறவு இயக்கம் ... அ. வேல்மணி ... 5 50

**சட்டம்**

*167. குற்றவியல் சட்டம் ... எம். சண்முகசுப்பிரமணியம் ... 10 00

*மூல நூல் (Original Book)

## பொது நூல்கள்

| | | | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| 168. | மகாத்மா காந்தி | ... சரஸ்வதி தங்கையன் | ... 3 | 25 |
| 169. | விவசாயப் புரட்சி | ... வி. கார்த்திகேயன் | ... 8 | 00 |
| *170. | சேமக் கை-நூல் | ... ஆ. சுப்பிரமணியம் | ... 2 | 50 |
| *171. | முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும் | ... எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம் | ... 9 | 00 |
| *172. | உணவும் ஊட்டமும் | ... தி. வேங்கட கிருஷ்ணய்யங்கார் | ... 4 | 50 |

## புகுமுக (P.U.C.) வகுப்புகளுக்குரியவை

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *173. | உலக வரலாறு | ... டி. ஆர். இராமச்சந்திரன் | ... 4 | 00 |
| *174. | பொருளாதாரம் | ... ஜி. சிதம்பரம் | ... 2 | 75 |
| *175. | வணிகவியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I | ... கு. ஆளுடைய பிள்ளை | ... 2 | 50 |
| *176. | ,, II | ... ,, | ... 2 | 25 |
| *177. | பௌதிகம் | ... டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம், ஆர். நாகராஜன் | ... 7 | 50 |
| *178. | புகுமுக பௌதிகம் | ... டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ் | ... 5 | 75 |
| *179. | புகுமுக வகுப்புக் கணிதம்—I | ... கே. ராஜகோபாலன் | ... 7 | 00 |
| *180. | ,, II | ... ,, | ... 3 | 00 |
| *181. | புகுமுக வகுப்புக் கணித நூல்—I | ... டி. கோவிந்தராஜன், முத்துசாமி | ... 7 | 00 |
| *182. | ,, II | ... ,, | ... 4 | 50 |
| *183. | கணிதம்—ஓர் அறிமுகம்—I | ... ஆர். மகாதேவன் | ... 4 | 75 |
| *184. | ,, II | ... ,, | ... 3 | 25 |
| *185. | வேதியியல் | ... பி. டி. முனியப்பா, ஆர். முத்துலட்சுமி | 7 | 00 |
| *186. | புகுமுக வேதியியல் | ... சி. ஏ. பத்மநாபன் | ... 5 | 50 |
| *187. | விலங்கியல் | ... எஸ். ஆப்ரகாம் | ... 4 | 00 |
| *188. | புகுமுக விலங்கியல் | ... பெ. மா. அண்ணாமலை | ... 7 | 25 |
| *189. | புகுமுக வகுப்புத் தாவரவியல் | ... எஸ். சுந்தரம் | ... 4 | 50 |

# பட்டப்படிப்பிற்குரிய [B.Sc.,] நூல்கள்

**பௌதிகம்** (Physics)

| | | | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| *190. | எந்திரவியல்—சிறப்புப்பாடம் (Book I) ... | ஆர். நாகராசன் ... | 6 | 25 |
| *191. | வெப்பவியல்—சிறப்புப்பாடம் ... | கே. நாச்சிமுத்து ... | 5 | 25 |
| *192. | செய்முறை பௌதிகம்—சிறப்புப்பாடம் (Book I) ... | டி. கமலக்கண்ணன், எஸ். கிருட்டிணசாமி ... | 4 | 50 |
| *193. | பௌதிகம்—துணைப்பாடம்—I (Book I) ... | பி. தங்கராஜன் ... | 4 | 00 |
| *194. | ,, (Book II) ... | ,, ... | 3 | 00 |
| *195. | செய்முறை பௌதிகம்—துணைப்பாடம் ... | கே. பாசுகரன், இரா. செயராம் ... | 4 | 50 |
| *196. | மின்னியல்-காந்தவியல் (Book I) ... | டி. ஏ. கருப்பண்ணன் ... | 4 | 75 |
| *197. | ஒளியியல்-சிறப்புப்பாடம் ... | டாக்டர் வி. சண்முகசுந்தரம், டாக்டர் ஆர். சபேசன் ... | 7 | 75 |

**வேதியியல்** (Chemistry)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *198. | செய்முறைக் கனிம வேதியியல்—சிறப்புப்பாடம் ... | டி. இராமலிங்கம் ... | 2 | 25 |
| *199. | பௌதிக வேதியியல் (Book I) ... | டி. சக்திவேலு ... | 4 | 00 |
| *200. | கனிம வேதியியல்—துணைப்பாடம் ... | சி. ஏ. பத்மநாபன் ... | 6 | 50 |
| *201. | கனிம வேதியியல் (Book I) ... | பி. டி. முனியப்பா ... | 4 | 00 |
| *202. | பொது பௌதிக வேதியியல்-துணைப்பாடம் ... | ஆர். துளசிதாஸ் ... | 4 | 75 |

**கணிதம்** (Mathematics)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *203. | இயற்கணிதம்—சிறப்புப்பாடம் (Book I) ... | டி. கோவிந்தராஜன், கே. முத்துசாமி ... | 4 | 25 |
| *204. | தொகுமுறை வரைகணிதம்—சிறப்புப்பாடம்... | ஆர். மகாதேவன் ... | 2 | 00 |

*மூல நூல் (Original Book)

**கணிதம்—(தொடர்ச்சி)**

| | | | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| *205. | எண்சார் கணிதம்—சிறப்புப்பாடம் | எம். ஏம். இராமசாமி | 5 | 50 |
| *206. | திரிகோண கணிதம்—சிறப்புப்பாடம் | வி. அரங்கநாதன் | 3 | 25 |
| *207. | கணிதம்— துணைப்பாடம் | ஆர். அனுமந்தராவ் | 6 | 00 |
| *208. | நிலையியல்—சிறப்புப்பாடம் | கே. இராஜகோபாலன் | 5 | 00 |

**புள்ளியியல்** (Statistics)

| | | | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| *209. | புள்ளியியல்—துணைப்பாடம் | எஸ். கருப்பையா | 3 | 50 |

**விலங்கியல்** (Zoology)

| | | | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| *210. | முதுகெலும்பற்றவை I—சிறப்புப்பாடம் | ஆர். முருகேசன் | 11 | 50 |
| *211. | ,, II—சிறப்புப்பாடம் | திருமதி எஸ். கே. வள்ளி | 11 | 25 |
| *212. | முதுகுநாணுள்ளவை I—சிறப்புப்பாடம் (Book I) | திருமதி ராணி கந்தசுவாமி | 8 | 00 |
| *213 | ,, (Book II) | ,, | 9 | 75 |
| *214. | முதுகுத்தண்டுள்ளவை-II-சிறப்புப்பாடம் | திருமதி கிருஷ்ணவேணி நாராயணன் | 11 | 75 |
| *215. | முதுகுகெலும்பற்றவை—துணைப்பாடம் | என். இராமலிங்கம் | 9 | 00 |
| *216. | முதுகுநாணுள்ளவை—துணைப்பாடம் | வி. சேது | 10 | 00 |

**தாவரவியல்** (Botany)

| | | | ரூ. | பை. |
|---|---|---|---|---|
| *217. | தாவர வெளி உள்ளமைப்பியல்களும் வகைப்பாட்டியலும்—சிறப்புப்பாடம் | கே. ராஜசேகரன் | 11 | 00 |
| [illegible] | தாவரப் புற அமைப்பியல் | கே. பாலச்சந்திரகணேசன் | 9 | 25 |
| [illegible] | தாவர உள்ளமைப்பியல் | டாக்டர் ஏ. கோவிந்தராஜுலு | 7 | 25 |

